MINISTERE DE L'INTERIEUR

-o-

DIRECTION GENERALE
DE LA POLICE NATIONALE

-o-

DIRECTION CENTRALE
DE LA SECURITE PUBLIQUE

-o-

SERVICE CENTRAL DES C.R.S.

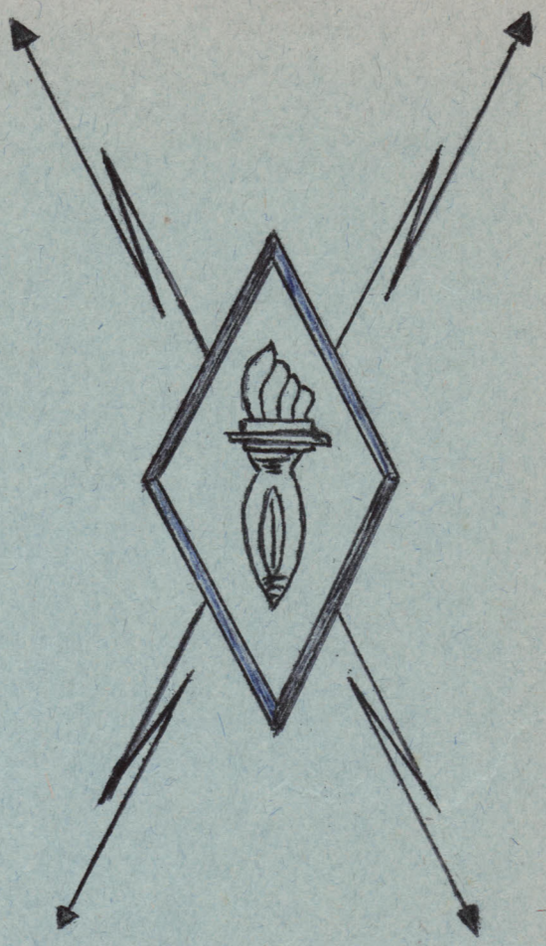
-o-

Groupement de C.R.S. n° 1
de Paris Ile de France.

-o-

Section des Transmissions.

-o-o-



NOTIONS D'ELECTRICITE

* *
***

S O M M A I R E

PAGES	O B J E T	OBSERVATIONS
1 - 4	Notions de force - Travail puissance	
5	Tableaux des unités	
6 - 8	Notions d'énergie - diverses formes - leurs transformations éventuelles.	
9 - 10	Le courant électrique (=) généralités sur le courant.	
11	Nature du courant.	
12	Quantité d'électricité - Intensité du courant.	
13 - 15	Action calorifière du courant - Loi de Joule	
16	Applications - D.D.P. 1ère loi d'Ohm	
17	Résistance d'un conducteur filiforme (2ème loi d'Ohm)	
18 - 19	Association de résistance - Série parallèle	
20	Générateurs - FEM - Résistance interne - D.D.P aux bornes d'un générateur	
21	Groupements de générateurs	
22	Accepteurs - F.C.F.M - Résistance Interne D.D.P aux bornes d'un récepteur.	
23	Rappels sur les lois d'Ohm - loi d'Ohm généralisée	
24 - 25 -	Lois de KIRCHOFF	
26	Notions d'électricité statique - les condensateurs Loi de COULOMB	
27 - 28	La capacité.	

PAGES	O B J E T	OBSERVATIONS
29	Groupement des condensateurs - série - parallèle	
30	Magnétisme - électromagnétisme Solenoïdes	
31	Force magnétique - Loi de COULOMB	
32	Introduction magnétique - Spectre magnétique	
33	Induction induite par un courant continu Loi du bonhomme d'AMPERE	
34	Valeur de l'induction électromagnétique induite. Action d'un champ sur un courant.	
35	Valeur de la F.E magnétique - Loi de LA PLACE Le moteur à courant continu.	
36	Induction électromagnétique Mutuelle induction Self induction.	
37	Flux magnétique	
38	Courant alternatif Généralités	
39	Courant alternatif - période - fréquence - calcul de l'intensité sustantanée - valeurs efficaces - intensité efficace - tension efficace	
40	Production du courant alternatif - les alternateurs. - étude des circuits - résistance	
41	Etude des circuits : SELF	
42	Etude des circuits condensateurs	

PAGES	O B J E T	OBSERVATIONS
43	Circuits série Self résistance	
44	Circuits série Capacité résistance	
45 46	Circuit self - Résistance - capacité	
48	Condition de resonnance - Formule de Thomson	
49	Circuits II	

ANNEXES I et II

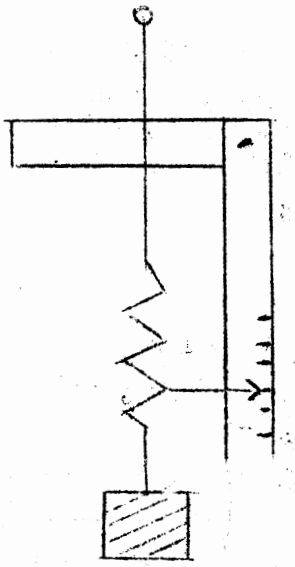
123	Notions de géométrie Notions de trégonométrie.	

LEXIQUE

F.E.M.	Force électro-motrice
F.E.M.	Force électro-magnétique
F.C.E.M.	Force contre électro motrice Force contre électro magnétique
H.T. H.T. T.H.T.	Basse tension Haute tension Très haute tension
B.F.	Basse fréquence
M.F. F.I.	Moyenne fréquence - Fréquence interne
H.F.	Haute fréquence
V.H.F.	Very higt fréquency (très haute fréquence)
U.H.F.	Ultra hight fréquency (ultra naute fréquence)
D.D.P.	Différence de Potentiel
Ω	Ohm = unité de resistance
W	Watt unité de puissance
V	Volt unité de tension
I	Intensité - Huile d'intensité
ρ	Rho : unité de résistivité
Σ	Sigma : somme des = ...
A.M.	Amplitude Modulation = Modulation d'amplitude
F.M.	Fréquence Modulation = Modulation de fréquence
C.A.F.	Contrôle automatique de fréquence
B.F.O.	Oscillateur de battement
C.A.G.	Contrôle automatique de gain.

NOTIONS DE FORCE - TRAVAIL - PUISSANCE .

1 - FORCE . Le Kilogramme-poids.



Le dynamomètre

- On appelle force tout effort exercé sur un corps. Un homme , un animal , l'eau , le vent , un aimant sont capables d'exercer des forces .
- Si l'on soutient , sans la laisser reposer sur un appui , une masse de fonte d'un kilogramme , on dit qu'on exerce sur cette masse , une force verticale d'un kilogramme-poids (ou kilogramme-force) .
- Pour soutenir une masse de 2, 3, 4, n... kilogrammes , il faut exercer une force de 2, 3, 4, n... kilogrammes-poids (ou kilogrammes-force).
- Si l'on exerce cette force par l'intermédiaire d'un ressort monté sur une planchette ou dans un tube métallique , et pourvu d'un index, le ressort se déformera plus ou moins et on pourra graduer ce petit appareil en kilogrammes-poids (ou kilogrammes-force).
  On aura ainsi réalisé un instrument de mesure des forces appelé " DYNAMOMETRE " .
- Si l'on tire un chariot mobile sur un plan horizontal , en se servant du dynamomètre , on mesure avec quelle force on le tire . Si le dynamomètre marque 3 par exemple , c'est que l'on tire avec une force de 3 Kilogrammes .
- Le Kilogramme-poids ou Kilogramme-force est l'unité pratique de force : c'est la force qu'il faut exercer pour soutenir une masse d'un kilogramme .
- Le kilogramme-poids ou Kilogramme-force vaut 9,81 NEWTON (N)

RESUME : Une force est la cause capable , soit de modifier l'état de repos ou de mouvement d'un corps , soit de déformer un corps .

Elle est caractérisée par :

a) son point d'application ,
b) sa direction ,
c) son sens ,
d) son intensité .

UNITES :

- Kilogramme-force (Kgf) ou Kilogramme-poids (Kgp)
- NEWTON (N) , 1 Kgf vaut 9,81 N .

2 - TRAVAIL - Le Kilogrammètre - Le Joule .

- Lorsque l'on déplace un corps en exerçant une force sur lui , on produit du travail .
- Un force travaille quand sont point d'application se déplace dans sa direction .
- IL Y A TRAVAIL QUE S'IL Y A DEPLACEMENT .
- Si l'on élève à un mètre du sol un poids d'un kilogramme , on dit que l'on effectue un travail d'un Kilogrammètre .

1 Kilogrammètre (Kgm) = 1 Kgf x 1 mètre

donc: T (Travail en Kgm) = F (Force en Kgf) x L (Longueur en mètre)

On peut également mesurer le Travail en JOULE . (J)

T (Joule) = F (Newton) x L (mètre)

ou encore : T (Joule) = F (Kgf) x 9,81 x L (mètre)

Le Kilogrammètre vaut donc 9,81 Joules .

- Le kilogrammètre et le Joule sontles unités pratiques de Travail .
- Si l'on roule un chariot pendant un mètre en le tirant avec une force d'un kilogramme , on fait un travail de un kilogrammètre ou de 9,81 Joules (à condition que le déplacement ait lieu dans la direction de la force.
- Si l'on élève 3 Kgf à 4 m. du sol , on fait un travail :

T (Kgm) = F (Kgf) x L (m) = 3 x 4 = 12 Kgm

T (J) = F (N) x L (m) = 29,43 x 4 = 117,72 Joules .

T (J) = F (Kgf) x 9,81 x L (m) = 3 x 9,81 x 3 = 117,72 Joules

- Si l'on roule un chariot pendant 4 mètres avec une force de 3 Kg , on fait aussi un travail de :

T (Kgm) = 3 x 4 = 12 Kgm ou 9,81 x 12 = 117,72 Joules

AUTRES EXEMPLES :

- Si l'on tourne une manivelle de 0,32 m de rayon avec une force de 10 Kg toujours tangente à la circonférence décrite par le bouton de la manivelle , l'espace parcouru en un tour est :

L = 2 π R = 2 x 3,14 x 0,32 = 2 mètres

Le travail effectué en un tour est :

T (Kgm) = F (Kgf) x L (m) = 10 x 2 = 20 Kgm

T (j) = F (N) x L (m) = 98,10 x 2 = 196,20 Joules .

T (J) = F (Kgf) x 9,81 x L (m)

= 10 x 9,81 x 2 = 196,20 Joules .

- Si la manivelle avait 0,16 de rayon , l'espace parcouru en un tour serait :

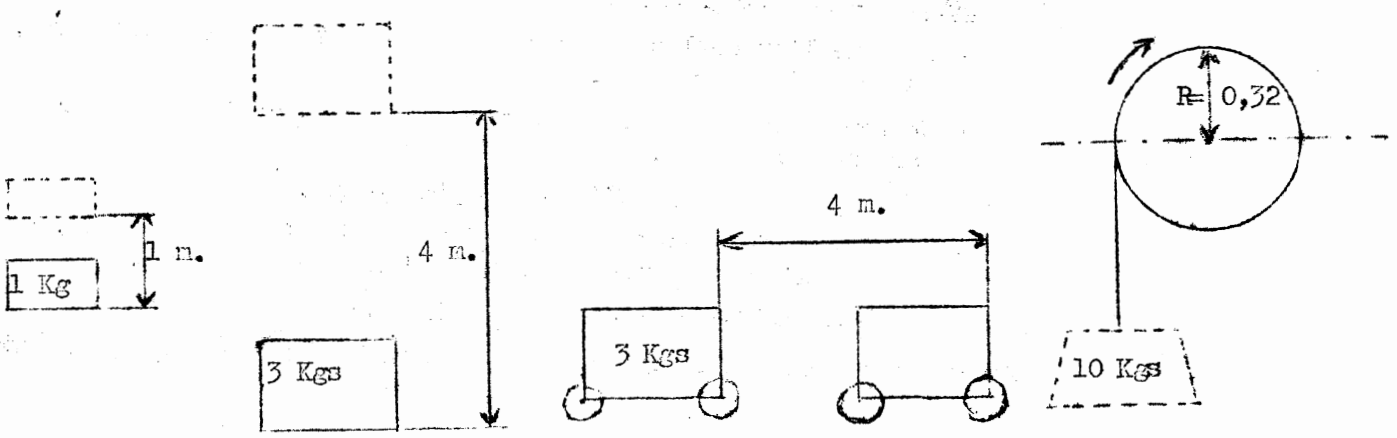
L = 2 π R = 2 x 3,14 x 0,16 = 1 mètre

et le travail en un tour :

T (Kgm) = F (Kgf) x L (m) = 10 x 1 = 10 Kgm

T (J) = F (N) x L (m) = 98,10 x 1 =98,10 Joules

T (J) = F (Kgf) x 9,81 x L (m) = 10 x 9,81 x 1 = 98,10 Joules



3 - PUISSANCE .

- Le travail fait par un moteur (mécanique , électrique ou animé donne des renseignements insuffisants sur les capacités de ce moteur . Ainsi , un moteur qui peut faire 150 Kgm par minute n'est pas le même qu'un moteur qui peut faire le même travail en une seconde .

- On dit que le 2ème a une puissance 60 fois plus grande que le premier ; il a fait le même travail en 60 fois moins de temps .

- La puissance d'un moteur ou d'une machine , c'est le travil que ce moteur ou cette machine peut faire en une seconde .

UNITES DE PUISSANCE . Le Cheval-Vapeur , Le Watt .

- Supposons qu'une pompe , actionnée par un moteur monte 15 Kg d'eau par seconde à 5 Mètres de hauteur , le travail utile effectué par seconde est :

T (Kgm) = F (Kgf) x L (mètre) = 15 x 5 = 75 Kgm

T (J) = F (N) x L (mètre) = 147,5 x 5 = 735,75 Joules

= 736 Joules environ

T (J) = F (Kgf) x 9,81 x L (mètre) = 15 x 9,81 x 5 = 735,75 Joules

= 736 Joules environ

- On dit que ce moteur a une puissance utile de UN Cheval-Vapeur (Abréviation Ch)

- L'unité pratique de puissance est donc le Cheval-Vapeur : c'est la puissance d'un moteur qui fait 75 Kgm par seconde .

- On peut dire aussi que le Cheval-Vapeur est la puissance d'un moteur qui fait 736 Joules par seconde .

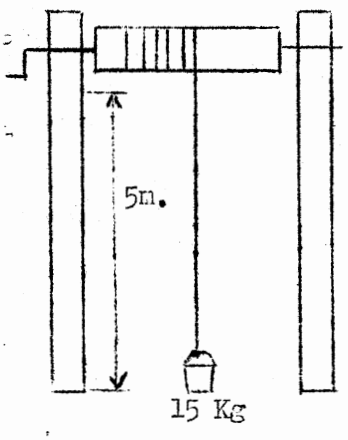
-Dans la pratique , au lieu de dire Joule par seconde , on dit WATT (abréviation W) .

- Le Cheval-Vapeur est donc équivalent à 736 Watts .

$$\text{d'où :} \quad P\,(W) = \frac{T\,(J)}{t\,(\text{seconde})}$$

RESUME DES UNITES DE PUISSANCE .

1 Cheval-Vapeur (Ch)	= 75 Kgm/seconde = 736 Joules/seconde = 736 Watts
1 Watt (W)	= 1 Joule/seconde
1 hectowatts (hW)	= 100 Watts = 100 Joules/seconde
1 Kilowatts (KW)	= 1000 Watts = 1000 Joules/seconde



ORDRE DE GRANDEUR DU CHEVAL-VAPEUR .

- supposons qu'à l'aide d'un treuil un homme se propose d'élever un seau de 15 Kg d'eau à 5 mètres de hauteur , il effectue un travail de : 15 x 5 = 75 Kgm .

- S'il pouvait faire ce travail en une seconde , il développerait une puissance d'un Cheval-Vapeur . En réalité , il mettra plus de temps . S'il met 10 secondes , il développe une puissance de 1/10ème de Cheval-Vapeur .

EXEMPLE DE PROBLEME .

- Quel est le travail effectué en 5 minutes par une pompe qui élève pendant ce temps 3.000 litres d'eau à 15 mètres de hauteur ?

- Quelle est sa puissance utile en Chevaux-Vapeur ?
- Quelle est sa puissance en Watts ?

REPONSE :

3000 litres d'eau = 3000 Kg
L'espace parcourue verticalement dans la direction de la force est : L =15 m.
Le travail effectué est :
T (Kgm) = F (Kgf) x L (m.) = 3000 x 15 = 45.000 Kgm .
Ce travail ayant été effectué en 5 minutes (soit 300 secondes) , la puissance en Kgm/seconde est :

$$\frac{45000}{300} = 150 \text{ Kgm/seconde}$$

Le Cheval-Vapeur étant équivalent à 75 Kgm/seconde , la puissance est :

$$\frac{150}{75} = 2 \text{ Ch}$$

Le Cheval-Vapeur étant également équivalent à 736 Watts , la puissance en Watts est :

$$736 \times 2 = 1472 \text{ Watts} .$$

Autre façon de procéder .

T (J) = F (Kgf x 9,81 x L (m.) = 3000 x 9,81 x 15 = 441.450 Joules .

La puissance en Joule/seconde ou Watts est :

$$P \text{ (J/s ou W)} = \frac{T \text{ (Joules)}}{t \text{ (secondes)}}$$

$$= \frac{441.450}{300} = 1.471,5 \text{ J/s ou W.} = 1472 \text{ W. environ .}$$

Le Cheval-Vapeur valant 736 Watts , la puissance en Chevaux-Vapeur est

$$\frac{1472}{736} = 2 \text{ Ch}$$

-:-:-:-:-:-:-:-

TABLEAU DES UNITES

SYSTEME	M K S A	C G S	M T S	M Kp S
Longueur (L)	Mètre M	Centimètre Cm	Mètre M	Mètre M
Masse (M)	Kg Masse Kgm	Gramme masse Grm	Tonne masse Tm	Unité de masse Um =9,81 Kgm
TEMPS (T)	Seconde s	Seconde s	Seconde s	Seconde s
VITESSE $V = \frac{L}{T}$	M/S	Cm/s	M/s	M/s
ACCELERATION $= \frac{V}{T} = \frac{L}{T^2}$	M/s/s	Cm/s/s	M/s/s	M/s/s
FORCE F = M	NEWTON 1Kgm x 1 M/s/s	DYNE = 1 Grm x 1Cm/s/s	STHENE = 1Tm x 1M/s/s	Kgp Kilogramme-Poids 1 Kgp x 1 M
TRAVAIL T = F x L	JOULE 1 Newton x 1 M	ERG 1 Dyne x 1 Cm	Kilo Joule 1Sthène x 1 M	Kilogrammètre Kgm 1 Kgp x 1 M
PUISSANCE $P = \frac{T}{t}$	WATT $= \frac{1 \text{ Joule}}{1 \text{ seconde}}$	ERG/s $= \frac{1 \text{ ERG}}{1 \text{ seconde}}$	Kilowatt $= \frac{1 \text{ Kilo Joule}}{1 \text{ seconde}}$	Kilogrammètre/s $= \frac{1 \text{ Kgm}}{1 \text{ seconde}}$

Correspondance pour les unités de " PUISSANCE " :

Le Cheval-Vapeur (Symbôle : Ch) - 1 Ch = 75 Kgm/s = 736 Watts .

C'est le système M.K.S.A. (Mètre - Kilo - Seconde - Ampère en sont les unités de base) que nous utilisons .

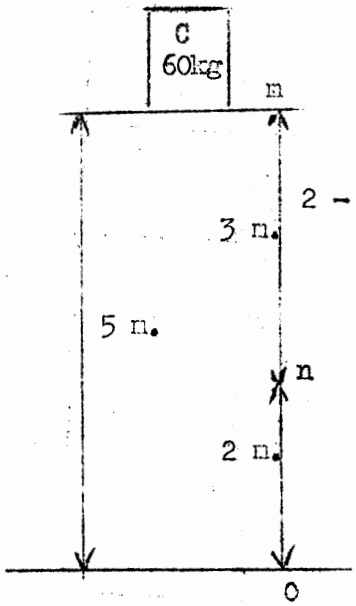
Ce système est également appelé " GIORGI RATIONALISE " .

NOTIONS D'ENERGIE - DIVERSES FORMES - LEURS TRANSFORMATIONS MUTUELLES -

1 - DEFINITION .

- On dit qu'un corps possède de l'energie quand il est capable de produire du travail . Développer de l'energie , c'est produire du travail .

- On évalue l'energie par le travail produit en Joules ou en Kilogrammètres .



- Ainsi , un marteau pilon de 200 Kg que l'on laisse tomber d'une hauteur de 1,20 mètre développe une énergie de :

200 x 1,20 = 240 Kgm

qui peut être employée à effectuer un travail (enfoncement d'un piquet , forgeage d'une pièce de fer etc...)

2 - ENERGIE POTENTIELLE ET ENERGIE CINETIQUE .

- Soit un corps C , pesant 60 Kg arrêté à 5 mètres du sol . Si on le lache , son poids va le faire tomber jusqu'en " 0 " en produisant un travail : T = F x L = 60 x 5 = 300 Kgm
(Ce travail se traduira par exemple par l'enfoncement d'un pieu)

- Le corps C possède donc de l'energie puisqu'il est capable de produire du travail , mais tant qu'il est arrêté , cette energie ne se manifeste pas ; on l'appelle énergie potentielle .

-L'énergie potentielle du corps C arrêté en " n " , est de 300 Kgm, nous la désignerons par W pot.

- Laissons tomber le corps C jusqu'en " n " à 2 mètres du sol , il va tomber pendant 3 mètres en produisant pendant son mouvement un travail T' = F x L' = 60 x 3 = 180 Kgm

- L'énergie acquise pendant le mouvement s'appelle énergie cinétique . Nous la désignerons par W cin.

3 - PRINCIPE DE LA CONSERVATION DE L'ENERGIE .

a) Quand C est arrêté en " n " , son énergie cinétique est :

W cin. = $\emptyset$

son énergie potentielle est W pot. = 300 Kgm

donc : W cin. + W pot. = $\emptyset$ + 300 = 300 Kgm .

b) Quand C arrive en " n " , à 2 mètres du sol , son énergie cinétique est : W cin. = 60 x 3 = 180 Kgm .

son énergie potentielle est : W pot. = 60 x 2 = 120 Kgm

donc : W cin. + W pot. = 180 + 120 = 300 Kgm

c) Quand C arrive au sol , en " 0 " , son énergie cinétique est :

W cin. = 60 x 5 = 300 kgm

son énergie potentielle est : W pot. = $\emptyset$ puisque le corps ne peut plus tomber et l'on a encore W cin. + W pot. = 300 Kgm (300 + 0) .

On voit que la somme de l'énergie cinétique et de l'énérgie potentielle d'un corps est constante : quand il apparait de l'énergiecinétique , il disparait de l'énergie potentielle . (Principe de la conservation de l'énergie) .

NOTA : A condition que le corps ne reçoive pas de l'énergie de l'extérieur et qu'il se retrouve à la fin de la transformation dans le même état qu'avant cette transformation. (état final identique à l'état initial)

4 - TRANSFORMATION DE L'ENERGIE CALORIFIQUE EN ENERGIE MECANIQUE ET TRANSFORMATION INVERSE DE L'ENERGIE MECANIQUE EN ENERGIE CALORIFIQUE - DEGRADATION DE L'ENERGIE .

a) l'énergie calorifique peut se transformer en énergie mécanique . cas de la machine à vapeur .

b) l'énergie mécanique peut se transformer en énergie calorifique : le frottement d'un arbre sur un coussinet l'échauffe (surtout s'il est mal graissé) . Le choc répété d'un marteau sur un

sur un morceau de fer l'échauffe également .

En vertu du principe de la conservation de l'énergie , l'énergie mécanique qui apparait équivaut à l'énergie calorifique qui l'a produite et inversement (voir toutefois le nota du paragraphe 3)

Des mesures précises montrent que lorsqu'une calorie (c'est à dire la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'un gramme d'eau d'un degré centésimal) se transforme en énergie mécanique , elle produit toujours 4,18 Joules . Le nombre 4,18 Joules est donc l'équivalent mécanique de la calorie . Inversement , un Joule se transformant complétement en chaleur produit un nombre de calories égal à :

$$\frac{1}{4,18} = 0,24 \text{ calorie}$$

Dans la pratique , quand on transforme de la chaleur en énergie mécanique , on est bien loin de recueillir une énergie utilisable de 4,18 Joules par calorie . Par conséquence , quand on transforme en chaleur une autre forme d'énergie , on ne peut plus retrouver cette énergie toute entière sous une forme utilisable .
On dit qu'il y a DEGRADATION DE L'ENERGIE , et ceci nous conduit à l'idée du rendement d'une machine .

5 - <u>RENDEMENT D'UNE MACHINE</u> .

Nous avons dit que lorsque l'on transforme de la chaleur en énergie mécanique , on en recueille qu'une partie sous une forme utilisable . Ainsi , 1 Kg de charbon peut fournir 7.000.000 de calories équivalentes à : 4,18 x 7.000.000 = 29.260.000 Joules . En le brulant dans une machine à vapeur , il donne un travail utilisable d'environ 2.926.000 Joules , c'est à dire le 1/10ème . Il y a 90 % de l'énergie qui est devenue inutilisable (rayonnement , frottement , pertes de chaleur diverses etc...) .

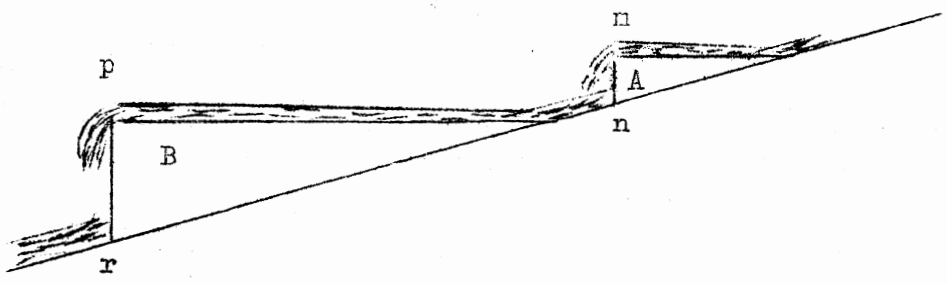
Quand on transforme une forme de l'énergie en une autre forme , il y a toujours une perte , et on appelle Rendement d'une machine le rapport :

$$\text{RENDEMENT D'UNE MACHINE} = \frac{\text{ENERGIE UTILISABLE}}{\text{ENERGIE FOURNIE A LA MACHINE}}$$

<u>Ce rapport est toujours inférieur à 1</u> , et nous venons de voir qu'il est particulièrement faible quand l'énergie calorifique se transforme en énergie mécanique . C'est pourquoi on dit que la chaleur est une forme dégradée de l'énergie .
Par contre , l'énergie électrique se transforme facilement en d'autres formes d'énergie (fait tourner un moteur - énergie mécanique . chauffer un four - énergie calorifique . décomposer l'eau - énergie chimique) et souvent avec un rendement élevé (de l'ordre de 90 %), ce qui explique l'emploi de plus en plus répandu de l'énergie électrique .

6 - <u>ETUDE D'INSTALLATIONS HYDRAULIQUES</u> .

Soit une rivière débitant 15 mètres cube d'eau par seconde (15.000 Kg)



Pratiquons en " A " un barrage " n.n " de 5 mètres de hauteur pour actionner des turbines . Le travail par seconde sera :

$$15.000 \times 5 = 75.000 \text{ Kgm}$$

et la puissance en chevaux-Vapeur :

$$\frac{75.000}{75} = 1.000 \text{ Ch}$$

Pratiquons en " B " un barrage " p.r. " de 10 mètres pour actionner aussi des turbines , le travail par seconde sera :

$$15.000 \times 10 = 150.000 \text{ Kgm}$$

et la puissance en chevaux-vapeur :

$$\frac{150.000}{75} = 2.000 \text{ ch}$$

On voit qu'un même courant d'eau peut développer des puissances différentes . On dit que la différence de potentiel entre p et r est plus grande qu'entre n et n .

7 - MESURE DE L'ENERGIE : WATTHEURE - HECTOWATTHEURE - KILOWATTHEURE

L'énergie s'évalue théoriquement en Joules et pratiquement en Wattheures (Wh) .
Le Wattheure est le travail produit (ou l'énergie développée) en une heure par un moteur d'un Watt .
Or , un moteur d'un watt fait un Joule par seconde , et une heure vaut 3.600 secondes . Un wattheure équivaut donc à 3600 Joules .

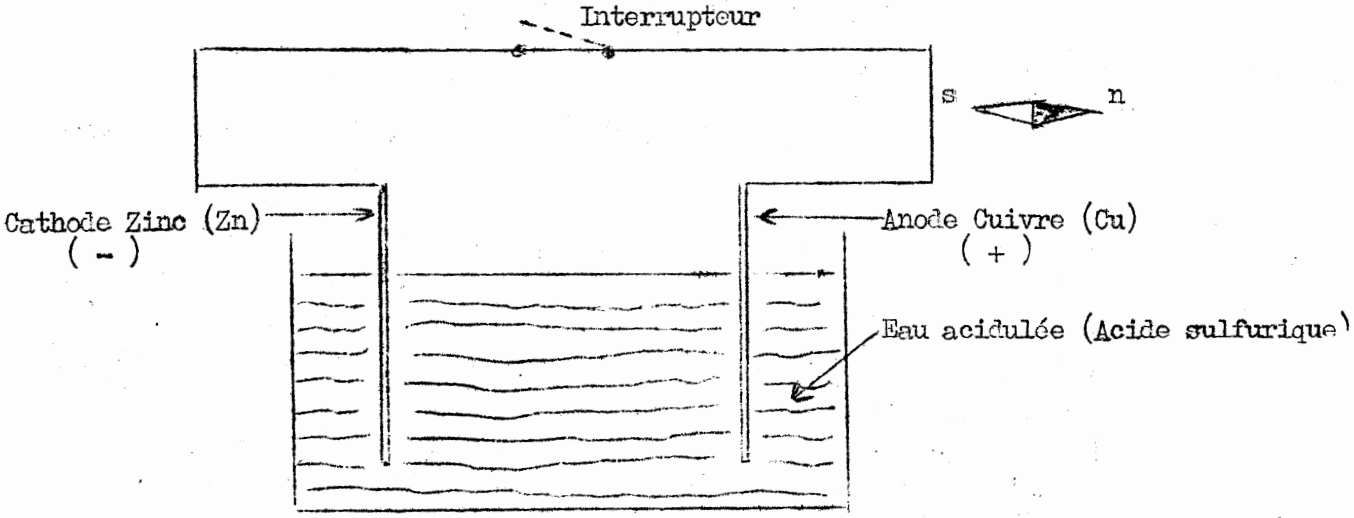
Le wattheure , l'hectowattheure et le Kilowattheure sont des unités d'énergie et non de puissance .

E L E C T R I C I T E

LE COURANT ELECTRIQUE (COURANT CONTINU)

GENERALITES SUR LE COURANT (EXPERIENCES)

1°) NAISSANCE



- En fermant le circuit à l'aide de l'interrupteur , on constate que :

  a) il se dégage des bulles d'oxygène autour de la plaque de cuivre .

  b) l'aiguille aimantée dévie et se met en croix avec le fil .

La forme d'énergie qui se manifeste ainsi est de l'électricite .

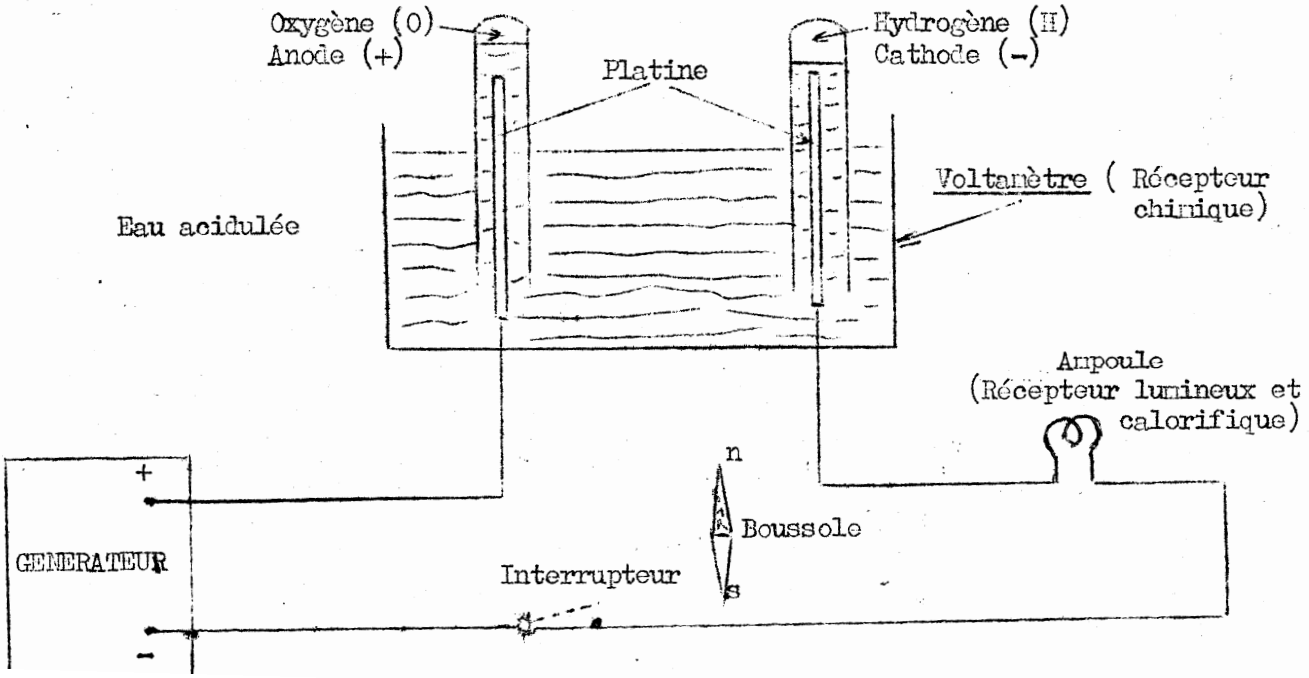
L'énergie chimique provenant de l'action de l'acide sulfurique sur le zinc s'est transformée en énergie électrique .

Nous venons de réaliser un générateur d'électricite qu'on appelle PILE .

Autres sortes de générateurs .

- Les accumulateurs
- Les dynamos

2° PRINCIPAUX EFFETS DU COURANT ELECTRIQUE .



a) <u>avec de l'eau pure dans le voltamètre</u> .

- Rien ne se passe dans les éprouvettes .
- La lampe ne s'allume pas .
- La boussole ne dévie pas .

L'eau pure n'est pas conductrice , elle ne devient conductrice qu'en y ajoutant de l'acide (du fait de la décomposition de l'eau) .

b) <u>en ajoutant de l'acide à l'eau on constate que</u> :

- Des gaz se dégagent dans les éprouvettes (Effet chimique)
- La lampe s'allume (Effet calorifique)
- La boussole dévie (Effet magnétique)

<u>RESUME</u> :

1°) Un fil métallique reliant les 2 bornes d'un générateur est parcouru par un courant électrique qui se manifeste par :

- des effets chimiques ,
- des effets calorifiques ,
- des effets magnétiques .

2°) Les métaux conduisent le courant , ce sont des conducteurs .

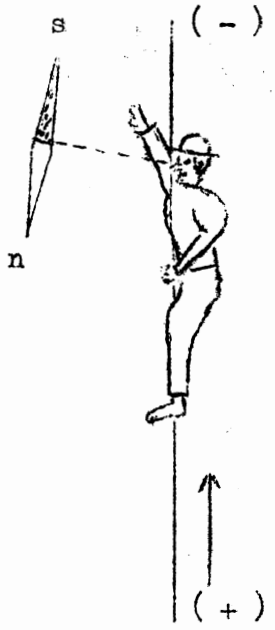
3°) Le caoutchouc , le bois , la soie , l'eau pure etc... ne conduisent pas le courant , ce sont des isolants .

4°) Pour qu'un courant se produise , il faut qu'il y ait une suite ininterrompue de conducteurs entre les bornes du générateur . On supprime le courant en coupant le circuit par un interrupteur .

3 - <u>SENS DU COURANT ELECTRIQUE</u> .

Dans l'expérience précédente , intervertissons les bornes de l' alimentation , nous remarquons que :

- l'aiguille dévie dans un sens contraire au précédent (effets magnétiques orientés)
- le dégagement intense (hydrogène) remarqué a changé d'éprouvette et le dégagement le plus faible (oxygène) a pris sa place (effets chimiques orientés) .
- La lampe s'allume toujours .



Nous en concluons que les 2 bornes d'un générateurs ne sont pas les mêmes .

<u>PAR CONVENTION , IL A ETE ATTRIBUE UN SENS AU COURANT ELECTRIQUE</u> .

- On dit que le courant électrique va du plus (+) au moins (-) dans le circuit extérieur au générateur .
- Par contre , les électrons se déplacent du moins (-) vers le plus (+) dans un conducteur contrairement au sens du courant .
- Le sens du courant conventionnel est donné par la règle du bonhomme d'Ampère .

<u>Règle du bonhomme d'Ampère</u> : Le sens du courant est celui qui va des pieds vers la tête d'un observateur couché sur un fil , et regardant l'aiguille de manière à avoir le pôle à sa gauche .

<u>RESUME</u> :

a) Les actions chimiques et magnétiques sont polarisées ; il en résulte que les 2 bornes d'un générateur doivent être dinstinguées l'une de l'autre. L'une est positive (+) , l'autre est négative (-) .

b) On convient de dire que le courant électrique part du pôle positif vers le pôle négatif dans le circuit qui relie à l'extérieur les pôles du générateur .

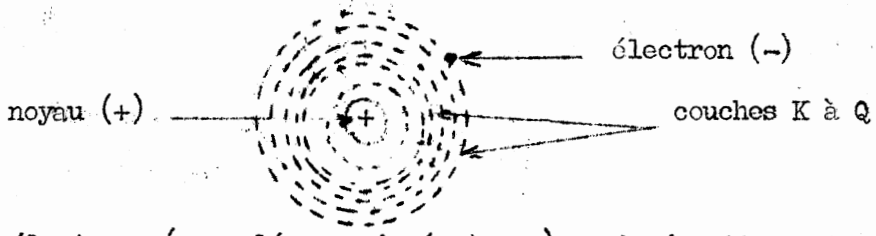
NATURE DU COURANT . (ATOME - NOYAU - ELECTRON)

L'ATOME :

C'est la plus petite partie d'un corps . Il est constitué par deux espèces d'éléments .

LE NOYAU qui porte des charges positives ,

LE OU LES ELECTRONS qui portent des charges négatives .



Les électrons (appelés aussi négatons) sont répartis au hasard autour du noyau . Ils sont groupés par couches successives représentés par des lettres.

ATOME = NOYAU (+) autour duquel gravitent des électrons .

EXEMPLES :

HYDROGENE (H) = 1 Noyau + 1 électron

OXYGENE (O) = 1 Noyau + 8 électrons

ALLUMINIUM (AL) = 1 Noyau + 13 électrons

PLOMB (Pb) = 1 Noyau + 82 électrons

URANIUM (U) = 1 Noyau + 92 électrons

CONDUCTEURS - ISOLANTS .

- Le courant électrique consiste en une véritable migration le long d'un fil conducteur de millions de petites particules chargées négativement (électrons) , lesquelles sont de dimensions si faibles qu'elles passent dans les espaces compris entre les atomes .

A - CONDUCTEURS .

Dans la plupart des métaux , quelques électrons situés sur l'orbitre libre de l'atôme dont très faiblement attirés par le noyau de celui-ci. Il en résulte que de très nombreux électrons peuvent circuler librement dans l'espace inter-atomique . Les métaux de ce type s'appellent CONDUCTEURS .

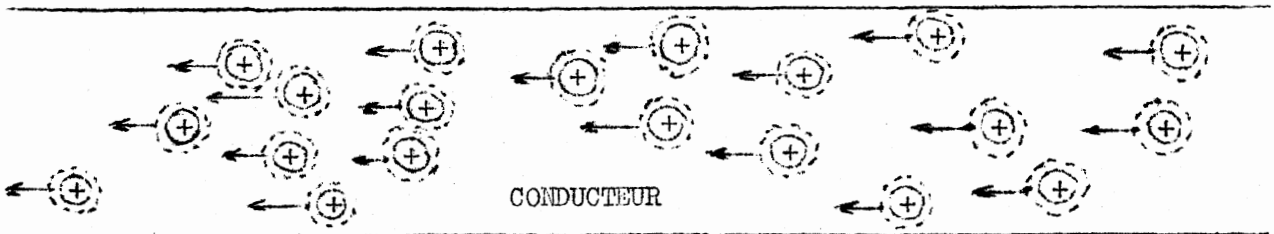
Ces électrons sont mis en mouvement en connectant le conducteur à un générateur .

B - ISOLANTS .

Certaines substances possèdent une structure moléculaire caractérisée par une liaison très forte entre les électrons et le noyau des atômes il s'en suit qu'une pression électronique considérable est nécessaire pour les en arracher .

Les substances de ce type sont appelées ISOLANTS .

Le courant électrique est un déplacement d'électrons provoqué par un générateur .



(+) (-)

QUANTITE D'ELECTRICITE - INTENSITE DU COURANT

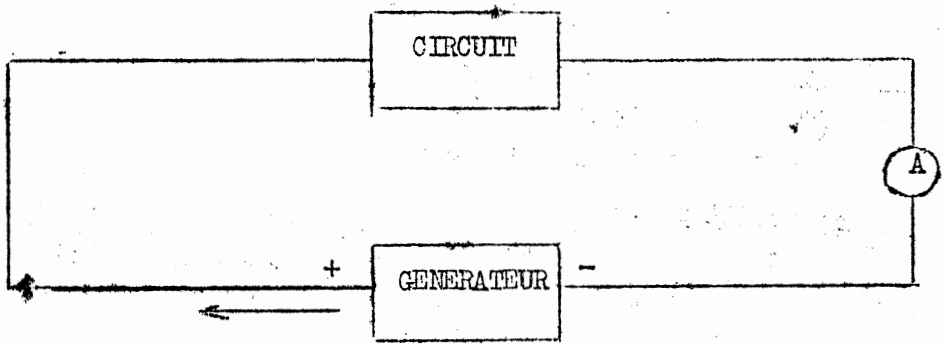
ANALOGIE

CIRCUIT ELECTRIQUE	CIRCUIT HYDRAULIQUE
Intensité du courant (I)	Débit (D)
= Quantité d'électricité par seconde	= Quantité d'eau par seconde
d'où : Q = I x t	d'où : Q = D x t
Q en coulombs	Q en litres
I en ampères	D en litres par seconde
t en secondes	t en secondes

-:-:-:-:-:-

MESURE DE L'INTENSITE DU COURANT .

Elle se fait à l'aide d'un appareil appelé AMPEREMETRE placé en série dans le circuit .



RESUME =

a) L'intensité d'un courant est mesurée par le nombre de coulombs que ce courant transporte en une seconde .

b) L'unité d'intensité est l'Ampère , c'est l'intensité d'un courant qui transporte un coulomb par seconde

c) La quantité d'électricité transportée par un courant de I (Ampère) en un temps t (seconde) est :

$$Q = I \times t$$

Q en coulombs
i en ampères
t en seconde

d) Un Ampère-heure est la quantité d'électricité transportée en Une heure par un courant d'un ampère .

1 AH = 3.600 coulombs .

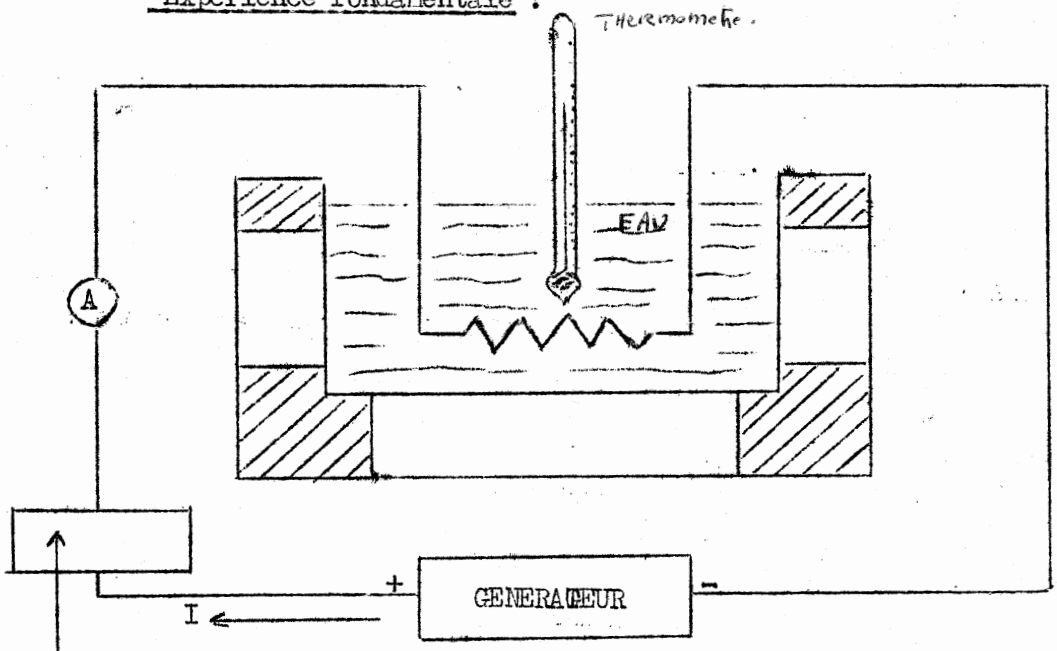
e) Pour mesurer l'intensité d'un courant électrique , on se sert d'un ampèremètre (——(A)——) .

- ACTION CALORIFIQUE DU COURANT
- LOI DE JOULE
- RESISTANCE ELECTRIQUE

Enoncé de la loi de Joule .

Tout conducteur parcouru par un courant dégage de la chaleur .

Expérience fondamentale :



Appareil permettant faire varier I

Quantité de chaleur .

a) Au départ , l'eau est à la température T 1
A l'arrivée , l'eau est à la température T 2

Q étant la quantité de chaleur reçue par la masse d'eau , on constate que : $Q = m (T 2 - T 1)$

Q en calories
m en grammes
T 1 et T 2 en degrés .

La quantité de chaleur dégagée est proportionnelle au temps :

Q (calories) $= K t$

L'augmentation est constante : $K = \frac{Q \text{ (calories)}}{\text{temps}}$

Exemple :

- Au départ , l'eau fait 10°
- 10' après , l'eau fait 12°
- 20' après , l'eau fait 14°
- 30' après , l'eau fait 16°

b) Pendant 10' , on fait passe un courant de :

- 1 ampère , on trouve 1.000 Joules ,
- 2 ampères , on trouve 4.000 Joules ,
- 3 ampères , on trouve 9.000 Joules

La quantité de chaleur produite par effet Joule est proportionnelle au carré de l'Intensité :

On a : $W = K' I^2 t$

K' caractérise le conducteur, la résistance de ce conducteur est exprimée par la lettre " R "

donc: $W = R I^2 t$

W en Joules
R en Ohms
I en ampères
t en secondes

Rappel :

1 Calorie = 4,18 Joules

1 Joule = $\frac{1}{4,18}$ = 0,24 calorie

d'où : $\boxed{Q = 0,24 \quad R\,I^2\,t \quad = \frac{1}{4,18} \quad R\,I^2\,t}$

Q en calories
R en Ohms
I en ampères
t en secondes

-:-:-:-

PUISSANCE (LOI DE JOULE)

Définition :

La puissance en Watt , c'est l'energie fournie par seconde :

$$P\ (\text{Watt}) = \frac{W\ (\text{Joule})}{t\ (\text{seconde})}$$

$$= \frac{R\,I^2\,t}{t}$$

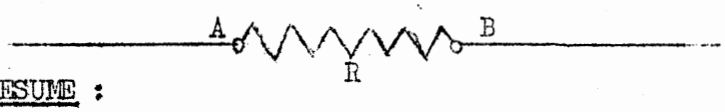
d'où $\boxed{P = R\,I^2}$

P en Watts
R en Ohms
I en ampères
t en secondes .

On définit la résistance électrique d'un conducteur par la propriété qu'il a de dégager de la chaleur lorsqu'il est traversé par un courant .

L'unité de résistance électrique est l'Ohm .

Représentation schématique d'une résistance .



RESUME :

1°) LOI DE JOULE : La quantité de chaleur dégagée par un courant électrique dans un conducteur est :
a) proportionnelle au carré de l'intensité du courant ,
b) proportionnelle au temps de passage de ce courant ,
c) variable avec le conducteur .

2°) La résistance électrique d'un conducteur est par définition sa propriété calorifique quand un courant le parcourt .

3°) L'Ohm , unité de résistance , est la résistance d'un conducteur qui transforme un Joule en chaleur quand il est parcouru par unn courant de 1 ampère par seconde .

4°) Formules de Joule :

$$Q\ (\text{calories}) = 0,24\ R\,I^2\,t = \frac{1}{4,18}\ R\,I^2\,t$$

$$W\ (\text{Joules}) = R\,I^2\,t$$

$$P\ (\text{Watts}) = \frac{W}{t} = \frac{R\,I^2\,t}{t} = R\,I^2$$

CONSEQUENCES PRATIQUES DE L'EFFT JOULE

A - **Inconvénients** :

- Pertes d'énergie de l'ordre de 30 % dans les transports d'électricité .
- Courts-circuits : I devenant important du fait du carré de l' intensité , la chaleur devient importante .
- C'est l'éffet Joule qui limite la puissance des machines électriques .

B - **Applications** :

- Pour protéger les appareils et les circuits électriques contre les surintensités , on emploie les fusibles .
- Eclairage électrique par incandescence .
- Chauffage électrique .

AUTRES UNITES D'ENERGIE QUE LE JOULE .

$$P\ (1\ \text{Watt}) = \frac{W\ (1\ \text{Joule})}{t\ (1\ \text{seconde})}$$

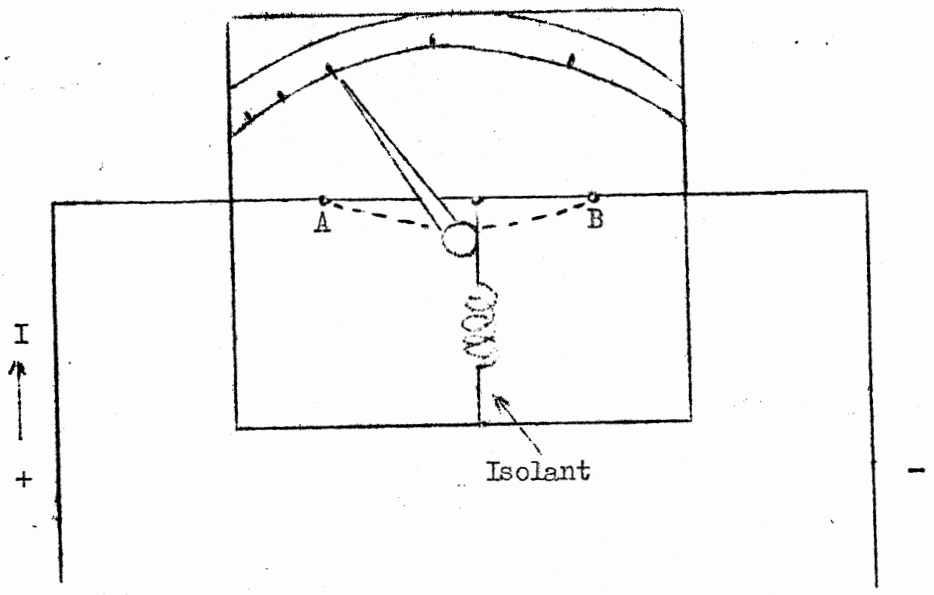
$$W\ (1\ \text{Joule}) = P\ (1\ \text{Watt}) \times t\ (1\ \text{seconde})$$

$$1\ \text{Wattheure} = P\ (1\ \text{Watt}) \times t\ (1\ \text{heure}) = P\ (1\ \text{Watt}) \times t\ (3600\ \text{secondes}) = 3.600\ \text{Joules} .$$

1 Hectowattheure (hwh) = 100 wattheure = 360.000 Joules

1 Kilowattheure (Kwh) = 1000 wattheure = 3.600.000 Joules .

L'AMPEREMETRE THERMIQUE



Inconvénient :

Le conducteur A. B. , après s'être dilaté , ne revient jamais à la même place ; cet appareil n'est donc pas précis.

DIFFERENCE DE POTENTIEL

1ère LOI D'OHM

1°) Dans un circuit comprenant un générateur de résistance négligeable et une résistance variable R , le produit U = R I a la même valeur quelque-soit R .
Cette valeur de U se nomme la différence de potentiel (D.D.P.) ou tension entre les bornes du générateur .

2°) Une tension s'évalue en volts .
Un volt est la tension entre les bornes d'un générateur qui fournit 1 ampère dans une résistance de 1 Ohm .

3°) On mesure une tension avec un appareil appelé VOLTMETRE.

La 1ère Loi d'Ohm s'exprime par les formules suivantes :

$U = R\,I \qquad I = \frac{U}{R} \qquad R = \frac{U}{I}$

U en Volts

R en Ohms

I en Ampères .

RESUME :

1°) 1ère Loi d'Ohm : La d.d.p. (U volt) aux extrémités d'une résistance norte est égale au produit de la Résistance R (Ohm) du conducteur par l'intensité I (Ampère) du courant .

$U = R\,I \qquad I = \frac{U}{R} \qquad R = \frac{U}{I}$

Symbôle de l'Ohm : Ω

2°) Le volt , c'est la d.d.p. existant entre les extrémités d'un conducteur d'une résistance de 1Ω quand il est parcouru par un courant d'une intensité de 1 ampère .

-:-:-:-

La d.d.p. entre A. et B. dans la figure ci-dessous est U = R I , mais c'est aussi le rapport :

$$U = \frac{P\ (\text{Puissance dissipée entre A. et B.})}{I\ (\text{Intensité du courant})}$$

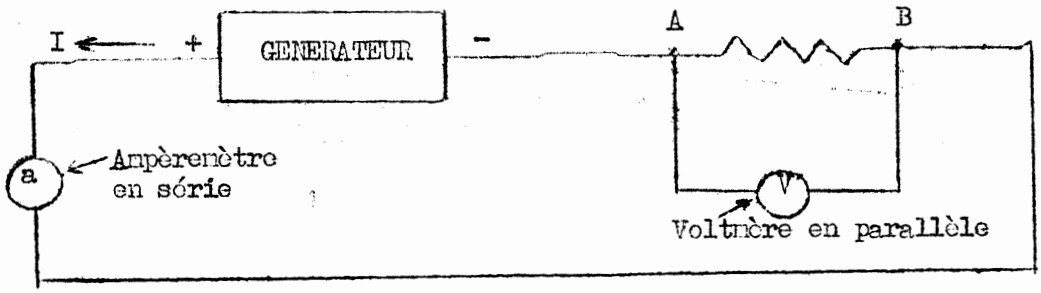
d'où $\boxed{P = U\,I}$

P en watts
U en volts
I en ampères .

AUTRES FORMULES :

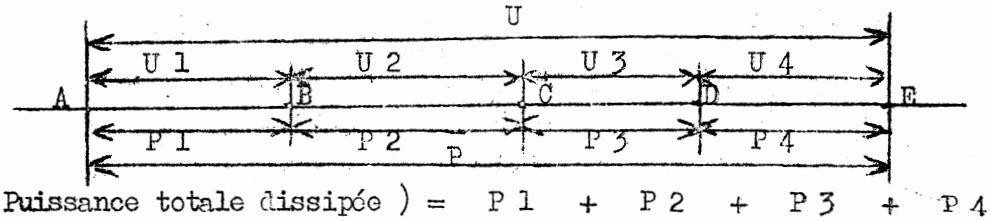
$$P = R\,I \times I = R\,I^2$$

$$= U \times \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$



PROPRIETES DE LA D.D.P.

Les D.D.P. en série s'ajoutent :



P (Puissance totale dissipée) = P 1 + P 2 + P 3 + P 4

P 1 = U 1 x I P 2 = U 2 x I P 3 = U 3 x I P 4 = U 4 I

P = U I donc :

$$U\,I = U1\,I + U2\,I + U3\,I + U4\,I$$

$$U\,I = I\,(U1 + U2 + U3 + U4)$$

d'où $$\boxed{U = U1 + U2 + U3 + U4}$$

-:-:-:-:-

RESISTANCE D'UN CONDUCTEUR FILIFORME

(2ème LOI D'OHM)

1°) Comment la résistance d'un fil conducteur homogène de section uniforme varie-t-elle ?
- Elle est proportionnelle à sa longueur .

2°) Comment la résistance varie-t-elle avec sa section ?
- Elle est inversement proportionnelle à sa section .

3°) La résistance d'un conducteur dépend de la nature du conducteur . Chaque substance se caractérise en ce qui concerne la résistance électrique par sa résistivité . On la désigne par la lettre grecque ρ (rô) .
La résistivité ρ d'une substance est la résistance d'un fil de cette substance ayant 1 mètre de longueur et 1 mètre carré de section .

Exemple : Cuivre $\rho = 1{,}6 \cdot 10^{-8}\ \Omega/M.$

Ferro-nickel $\rho = 80 \cdot 10^{-8}\ \Omega/M$

4°) On peut calculer la résistance électrique d'un fil par la relation suivante :

$$\boxed{R = \rho \frac{L}{S}}$$

qui représente la 2ème Loi d'Ohm

R en Ohms
en Ohm/M.
L en mètres
S en Mètres carrés

MULTIPLE ET SOUS MULTIPLE DE L'OHM .

- Le Mégohm (M Ω) = 1.000.000 = 10^6
- Le microohm ($\mu\Omega$) = $\frac{1}{1.000.000}$ = 10^{-6}

RESUME :

1°) La résistance d'un conducteur homogène de section uniforme est :
   a) proportionnelle à sa longueur
   b) inversement proportionnelle à sa section .
   c) variable avec la nature du conducteur

2°) La résistivité d'une substance est le nombre qui mesure la résistance d'un fil de cette substance ayant 1 mètre de longueur et 1 mètre de section.

3°) La résistance d'un conducteur de longueur L (mètre) , de section S (mètre carré) ρ Ω/M. est

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

4°) La résistance d'un conducteur varie avec la température . La résistance d'un conducteur à t° (degré) quand on connait sa résistance à t = 0° et son coéfficient de température " a " , est donnée par la formule :

$$R_{t°} = R\,0° \ (1 + at)$$

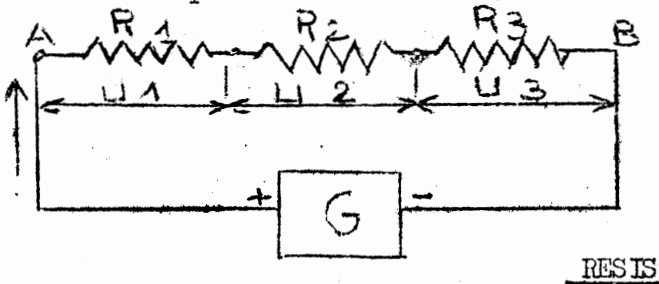
-:-:-:-:-:-:-:-

ASSOCIATION DES RESISTANCES

SERIE

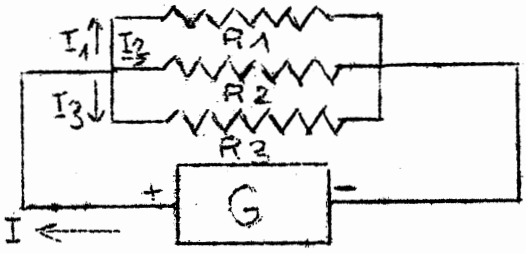
- On dit que les résistances sont montées en série quand elles sont disposées bout à bout .

- Elles sont alors traversées par le même courant .



PARALLELE

- On dit que des résistances sont groupées en parallèle ou en dérivation quand toutes les bornes d'entrée du courant sont connectées entre elles et que toutes les bornes de sortie sont également connectées ensembles .



RESISTANCES EQUIVALENTES

On appelle Résistance équivalente la valeur d'un circuit en Ω R qui alimenté sous la même tension que le circuit absorbe la même intensité .

$$U_A - U_B = U = RI$$

$$U = U1 + U2 + U3$$

$$RI = R1\,I + R2\,I + R3\,I$$

$$R\,I = I\,(R1 + R2 + R3)$$

$$R = R1 + R2 + R3$$

Cas Général :

$$R\ équ. = R1 + R2 + R3 + Rn...$$

$$I = I1 + I2 + I3$$

$$U_A - U_B = U = RI \qquad I = \frac{U}{R}$$

$$U_A - U_B = R1 \times I1 \qquad I1 = \frac{U}{R1}$$

$$U_A - U_B = R2 \times I2 \qquad I2 = \frac{U}{R2}$$

$$U_A - U_B = R3 \times I3 \qquad I3 = \frac{U}{R3}$$

soit :

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R1} + \frac{U}{R2} + \frac{U}{R3}$$

$$U\,\frac{1}{R} = U\,\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}$$

d'où : $$\frac{1}{R} = \frac{1}{R1} = \frac{1}{R2} = \frac{1}{R3}$$

Cas général : $$\frac{1}{R\ équ.} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{Rn...}$$

RESUME

SERIE

Lorsque des conducteurs sont montés en série , leurs résistances s'additionnent :

$R_{équ.} = R\,1 + R\,2 + R\,3 + R...n$

PARALLELE

1°) Lorsque des conducteurs sont montés en parallèle ou en dérivation , l'intensité du courant principal est la somme des intensités des courants dérivés .

$I = I\,1 + I\,2 + I\,3 + I \ldots n$

2°) nous avons également :

$R\,1 \,.\, I\,1 = R\,2 \,.\, I\,2 = R\,3 \,.\, I\,3 = Rn \,.\, In$

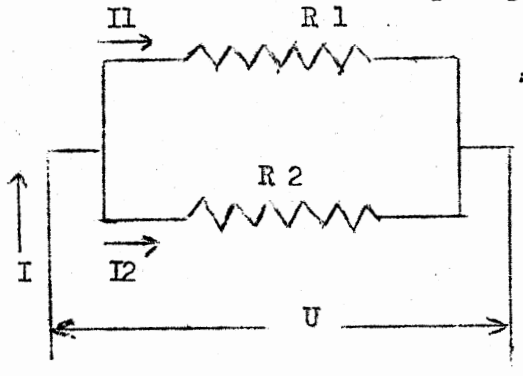
3°) L'inverse de la résistance équivalente est égale à la somme de l'inverse des résistances partielles .

$$\frac{1}{R_{équ.}} = \frac{1}{R\,1} + \frac{1}{R\,2} + \frac{1}{R\,3} + \frac{1}{R...n}$$

REMARQUES

EN SERIE : La résistance équivalente est toujours plus grande que la plus grande des résistances partielles .

EN PARALLELE : La résistance équivalente est toujours plus petite que la plus petite des résistances partielles .



APPLICATIONS (Montages en parallèle)

- Courants dérivés -

- Les intensités dérivées sont inversement proportionnelles aux résistances des branches qu'elles traversent .

On a : $R\,1 \,.\, I\,1 = R\,2 \,.\, I\,2$

donc : $$\boxed{\frac{R\,1}{R\,2} = \frac{I\,2}{I\,1}}$$

- Cas particuliers -

1°) Si l'on a n... résistances de même valeur montées en parallèle on a :

$$\boxed{R_{équ.} = \frac{R\,1}{n}}$$

2°) Si l'on a deux résistances de valeurs différentes :

$$\frac{1}{R_{équ.}} = \frac{1}{R\,1} + \frac{1}{R\,2}$$

$$\frac{1}{R_{équ.}} = \frac{R\,2 + R\,1}{R\,1 \,.\, R\,2}$$

donc : $$\boxed{R_{équ.} = \frac{R\,1 \times R\,2}{R\,1 + R\,2}}$$

La résistance équivalente est égale au produit des résistances sur la somme .

GENERATEURS - FORCE ELECTROMOTRICE - RESISTANCE INTERNE - D.D.P. AUX BORNES D'UN GENERATEUR

1 - Rappel de la notion de générateur :

Appareil capable de transformer en énergie électrique une autre forme d'énergie .

EXEMPLE : Batterie d'accumulateurs ,
Piles

Ces générateurs transforment l'énergie chimique en énergie électrique .

2 - Force Eléctromotrice :

- On donne à la tension à vide , entre les bornes du générateur , le nom de Force Electromotrice (en abrégé f.e.m.) . On la désigne par la lettre " E " .
- Il y a donc deux tensions différentes à considérer entre les bornes d'un générateur .
  a) l'une E est la force électromotrice ou tension à vide .
  b) l'autre U est la tension en charge entre les bornes communes au générateur et au circuit extérieur au générateur.

3 - Résistance interne d'un générateur .

- La différence entre la tension à vide et la tension en charge est due au passage du courant dans la résistance interne du générateur .
- Tous les générateurs ont une résistance interne (r.) .
  Cette résistance , très faible dans le cas des accumulateurs , peut être plus importante , notamment dans le cas des piles .

4 - Différence de potentiel aux bornes d'un générateur .

- La d.d.p. U aux bornes d'un générateur de force électromotrice E et de résistance interne r , parcouru par un courant d'intensité I est égale à :

$$U = E - rI$$

U et E en volts

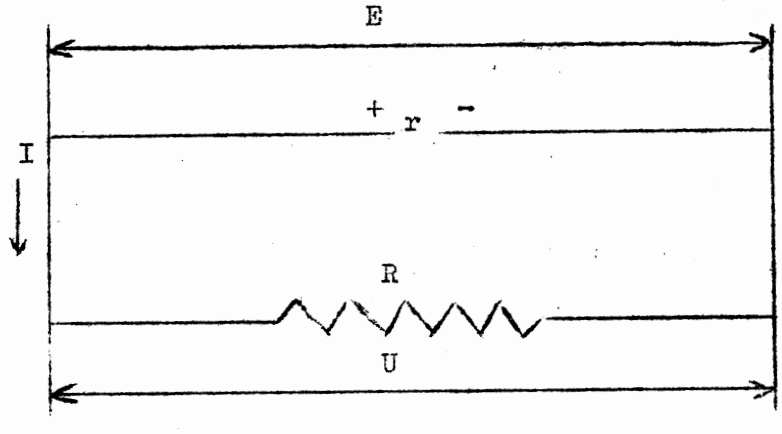
r en ohms

I en ampères .

De cette formule on tire : $E = U + rI$ ($U = RI$)

donc : $E = RI + rI$

La Force Electromotrice E est donc égale à la somme des chutes de tension dans la résistance interne et dans la résistance du circuit extérieur .



GROUPEMENT DE GENERATEURS

En groupant de manière convenable un nombre suffisant de générateurs (éléments de piles , éléments d'accumulateurs etc...) on obtient soit une f.e.m. élevée , soit une grande intensité .

1 - Groupement série (ou en tension)

- soit n éléments de f.e.m. E , de résistance interne r , l'ensemble se comporte comme un générateur unique

  - de f.e.m. : n x E
  - de résistance interne : n x r

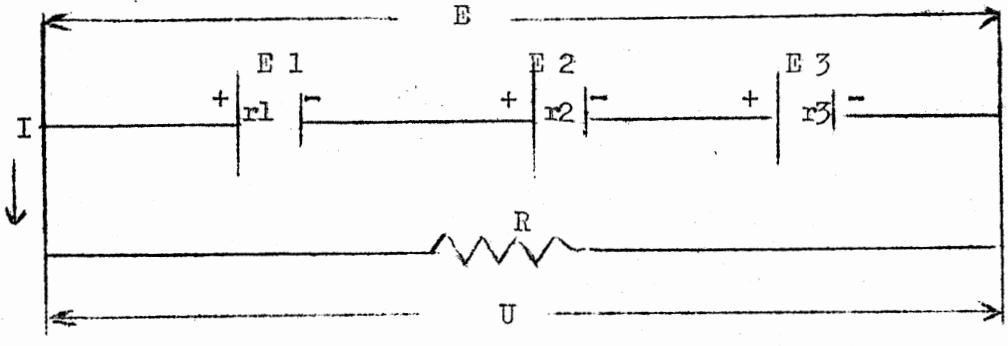
Valeur du courant dans un circuit extérieur de résistance R

- On sait que dans le cas d'un générateur on a : $U = E - r I$
- Dans le cas d'un groupement de générateur en série on aura :

$$U = nE - nrI$$
$$U + nrI = nE$$
$$RI + nrI = nE$$
$$I(R + nr) = nE$$
$$I = \frac{nE}{R + nr}$$

L'intensité du courant dans un circuit de résistance R est donc

$$\boxed{I = \frac{nE}{R + nr}}$$



Remarque : On dit que plusieurs générateurs sont branchés en série lorsque le pôle (-) du prenier est relié au pôle (+) du second etc...

2 - Groupement en parallèle (ou en intensité)

- soit n éléments de f.e.m. E , de résistance interne r , l'ensemble se comporte comme un générateur unique

  - de f.e.m. E
  - de résistance interne $\frac{r}{n}$

Valeur du courant dans un circuit extérieur de résistance R

Dans le cas d'un générateur seul on a toujours $U = E - r I$

Dans le cas de générateurs groupés en parallèle on a :

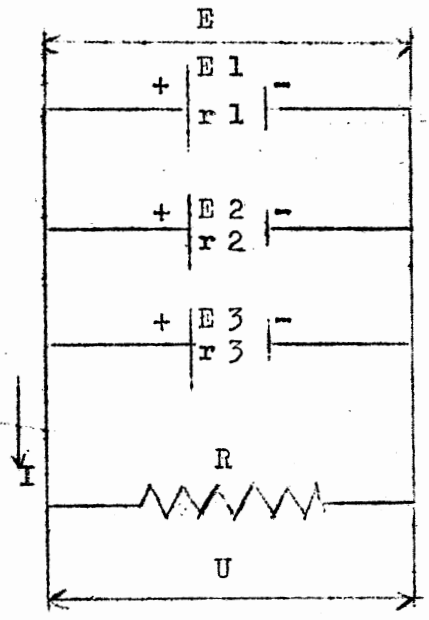
$$U = E - \frac{r}{n} I$$
$$U + \frac{r}{n} I = E$$
$$RI + \frac{r}{n} I = E$$

$$I\left(R + \frac{r}{n}\right) = E$$

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$$

L'intensité du courant dans un circuit extérieur de résistance R est donc :

$$\boxed{I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}}$$



Remarque : Condition fondamentale .

Les générateurs doivent avoir des caractéristiques absolument identiques .

On dit que plusieurs générateurs sont branchés en parallèle lorsque leurs pôles de même nom sont reliés ensemble .

-:-:-:-:-:-

RECEPTEURS - FORCE CONTRE-ELECTROMOTRICE - RESISTANCE INTERNE - D.D.P. AUX BORNES D'UN RECEPTEUR

1 - Rappel de la notion de récepteur .

- Appareil capable de transformer de l'énergie électrique en une autre forme d'énergie .

Exemple : moteur , récepteur calorifque , cuve à électrolyse etc...

2 - Force contre-électromotrice .

Deux tensions sont à considérer aux bornes d'un récepteur autre qu'un recepteur calorifique .

a) l'une U est la tension à laquelle est soumis le récepteur .

b) l'autre E' est la force contre-électromotrice (en abrégé f.c.e.m.) qui tend à produire un effet contraire à celui de la tension d'alimentation .

3 - Résistance interne d'un récepteur .

Cette différence de tension est due à la chute de tension produite par effet joule , par le passage du coufant dans la résistance du récepteur (exemple : résistance des fils d'un induit de moteur)

4 - Différence de Potentiel aux bornes d'un récepteur .

La d.d.p. U aux bornes d'un récepteur de force contre-électromotrice E' , de résistance interne r' , par un courant d'intensité I est égale à :

$$\boxed{U = E' + r' I}$$

U et E' en volts
r' en Ohms
I en Ampères .

RAPPELS SUR LES LOIS D'OHM

1°) Dans le cas d'une résistance morte :

$$U = R\,I$$

2°) Dans le cas d'un générateur :

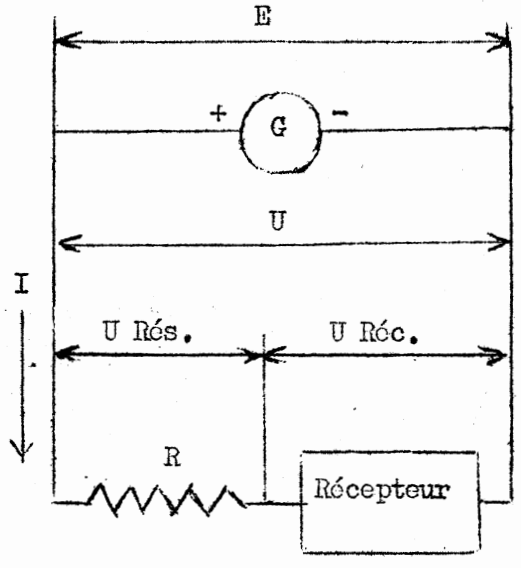
$$U = E - r\,I \quad \text{d'où} \quad E = U + r\,I$$

3°) Dans le cas d'un récepteur :

$$U = E' + r'\,I$$

-:-:-:-:-:-

LOI D'OHM GENERALISEE



En reprenant la formule d'un générateur :

$$E = U + r\,I$$

U Résistance + U Récepteur

U Rés. = RI , U Réc. = E' + r' I

d'où $E = R\,I + E' + r'\,I + r\,I$

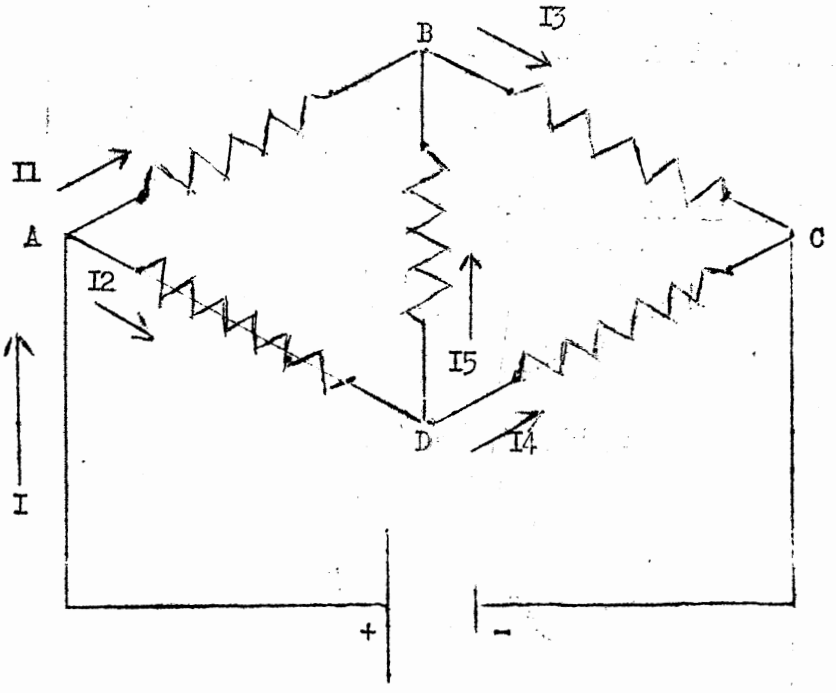
$$E - E' = R\,I + r'\,I + r\,I$$

$$E - E' = I\,(R + r' + r) \longrightarrow I = \frac{E - E'}{R + r' + r}$$

La formule de la loi d'ohm généralisée est donc :

$$I = \frac{E - E'}{R + r' + r}$$

LOIS DE KIRCHOFF (Savant mathématicien et physicien allemand)



1°) Quappelle-t-on réseau ?

- C'est un montage constitué par divers conducteurs , générateurs , récepteurs connectés de façon quelconque .

2°) Qu'appelle - t - on noeud ?

- C'est un point de fifurcation où arrivent et repartent différents courants .

Exemples :

Point A . $I = I1 + I2$

Point B . $I3 = I1 + I5$

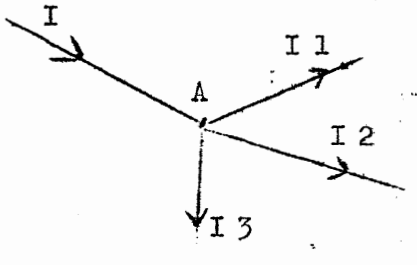
3°) Qu'appelle - t - on branche ?

- C'est un élément de circuit compris entre deux noeuds .

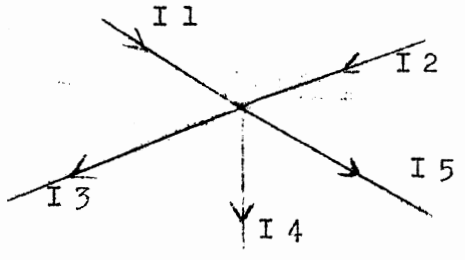
. Exemple : branche A B

ENONCES DES LOIS DE KIRCHOFF

1°) 1ère LOI : La somme des intensités des courants qui se dirigent vers un noeud est égale à la somme des intensités des courants qui s'en éloignent .



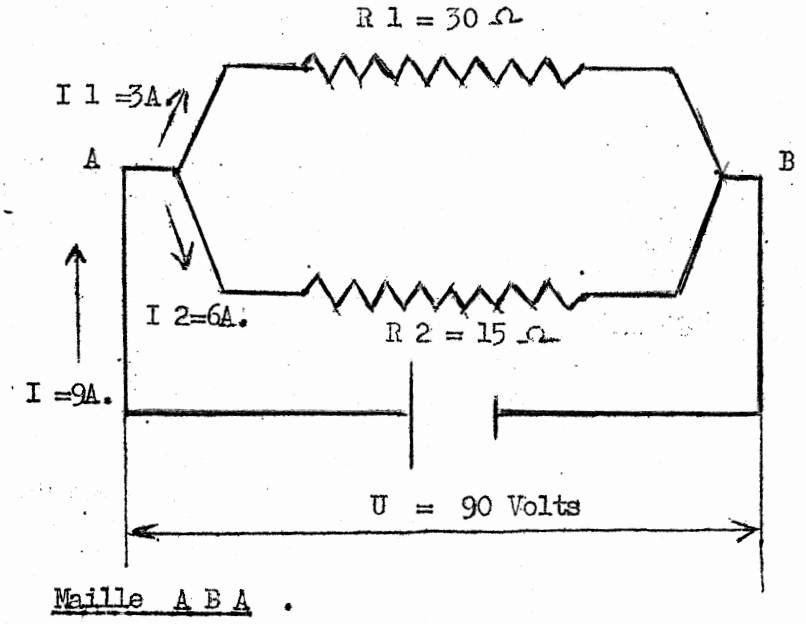
$I = I1 + I2 + I3$



$I1 + I2 = I3 + I4 + I5$

2°) <u>2ème LOI</u> : Pour une maille d'un réseau , la somme algébrique des d.d.p. est égale à la somme algébrique des produits des intensités par les résistances .

<u>Exemple succint</u> :



<u>Maille A B A</u> .

$$+U - U = R1.I1 - R2 . I2$$

$$90 - 90 = (30 \times 3) - (15 \times 6)$$

-:-:-:-:-:-:-

NOTIONS D'ELECTRICITE STATIQUE

CONDENSATEURS

-:-:-

L'électricité statique étudie les phénomènes dûs à des quantités d'électricité immobiles .

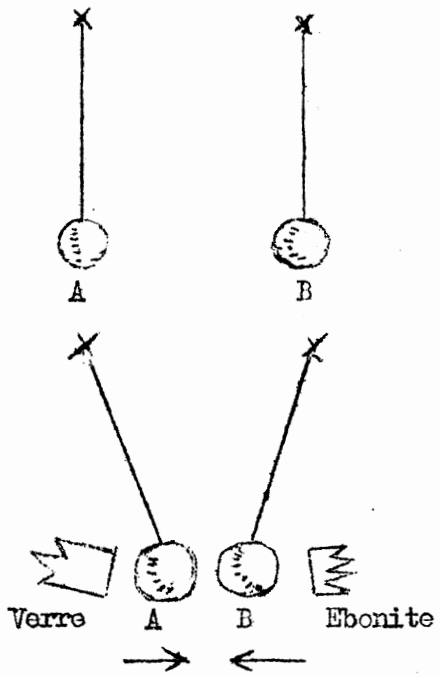
1°) Electrisation par frottement .

- Certains corps (ébonite , verre) frottés sur du drap par exemple , attirent les corps légers (papier , petites balles très légères en moëlle de sureau) . On dit que cette attraction est due à une certaine quantité d'électricité qui s'est développée par frottement sur les corps considérés .

2°) Electrisation par contact .

- Si avec un baton de verre électrisé par frottement , on touche une balle de sureau suspendue à un fil de soie , cette balle s'électrise en prenant une partie de l'électrisité du baton et pourra , à son tour ,attirer un corps léger .

Electricité positive et négative .



- Soit deux balles de sureau A. et B. mise en présence , n'étant pas électrisées , elles ne s' attirent ni se repoussent .

- Touchons A. avec un baton de verre électrisé et B. avec un baton d'ébonite électrisé ; les balles s'attirent , et on constate qu'elles s'attiren d'autant plus qu'elles sont plus voisines .

- Dans une autre expérience , touchons A. et B. avec un baton de même matière , verre par exemple; les balles se repoussent et d'autant plus qu'elles étaient voisines .

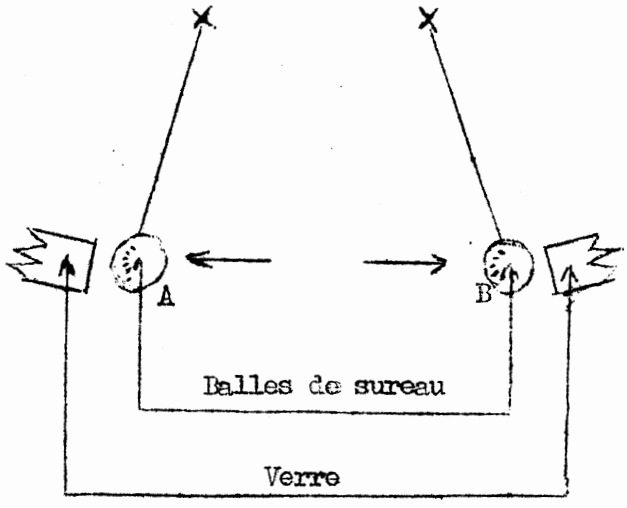
- On conclut de ces expériences que :

a) il existe deux sortes d'électricité , l'électricité du verre n'étant pas la même que celle de l'ébonite . On a convenu de les appeler POSITIVE et NEGATIVE et , par définition arbitraire , on appelle positive l'électricité du verre et négative celle de l'ébonite .

b) Deux corps électrisés de signes contraires s' attirent .

c)Deux corps électrisés de même signes se repoussent .

d) Les attractions ou les répulsions diminuent quand la distance augmente .



LOI DE COULOMB . Lorsque l'on étudie l'attraction ou la répulsion de deux corps électrisés par frottement , on constate que ces effets varient suivant que l'on frotte les corps plus ou moins énergiquement d'où la notion de quantité d'élecricité .
On dit qu'une balle de sureau , par exemple , contient une quantité d'électricité double lorsqu' elle exerce une action double sur une autre balle élecrisée que l'on a pas modifiée . Il en résulte que la force qui s'exerce entre deux corps électrisés est proportionnelle aux quantités d'électricité Q et Q' contenues dans ces deux corps .
D'autre part , Coulomb a étudié expérimentalement l'action de la distance et a trouvé que les forces variaient comme l'inverse du carré de la distance

Enoncé de la loi de Coulomb .

Etant donné deux corps très petits contenant des quantités d'électricité Q et Q' et séparés par une distance " d " , ils s'attirent ou se repoussent avec une force :

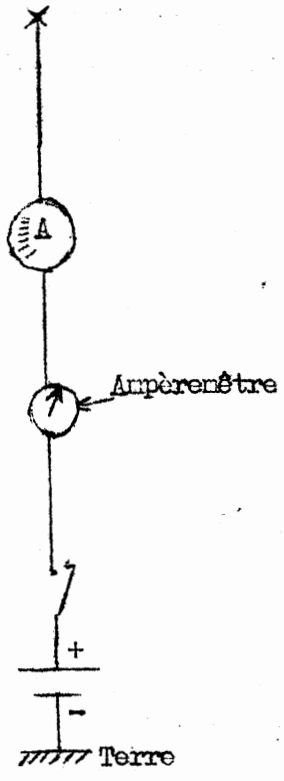
$$F = K \frac{Q \cdot Q'}{d^2}$$

K , coéfficient de proportionnalité dépend des unités employés et du milieu considéré .

-:-:-:-:-:-

C A P A C I T E

- Soit un corps " A " supposé conducteur isolé dans l'espace ,
- Soit une source " U " dont un pôle est relié à la terre " T " , touchons avec l'autre pôle le corps " A " , on constate que celui-ci se charge d'une certaine quantité d'électricité " Q " Cette quantité lui est donnée par la source au moment du contact grâce à un courant appelé " Courant de charge " et qui cesse presqu'aussitôt lorsque le potentiel du corps est devenu égal à celui du deuxième pôle de la source . On constate expérimentalement que si on recommence l'expérience avec un potentiel double, la charge est double etc...



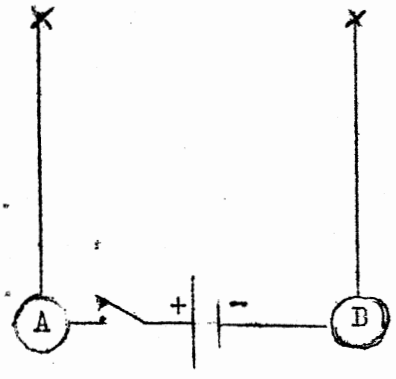
Le rapport $C = \frac{Q}{U}$ est donc constant .

C'est la capacité du corps par rapport à la terre .

De là on tire : $Q = C \cdot U$

CAPACITE ENTRE DEUX CORPS

Au lieu de brancher le générateur entre un corps et la terre , on peut le brancher entre 2 corps A. et B. , conducteurs isolés et primitivement au même potentiel . Le corps " A " prendra une charge + Q , et le corps " B " une charge - Q exactement égale et de signe contraire .



Le rapport $C = \frac{Q}{U}$ est encore constant et s'appelle :

" CAPACITE ENTRE LES DEUX CORPS "

On trouve également que cette capacité augmente :

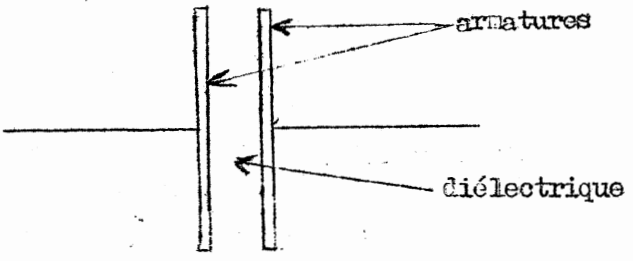
a) Lorsqu'on rapproche les 2 corps .

b) Lorsqu'on augmente les surfaces des deux corps en regard.

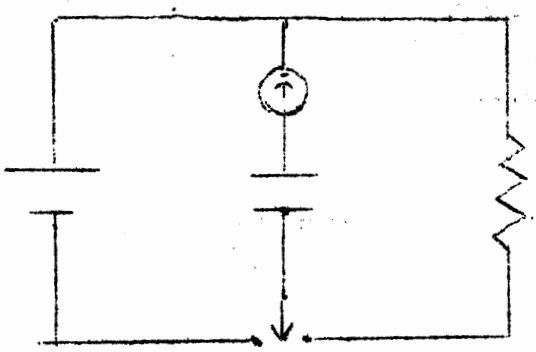
-:-:-:-:-:-

L E S C O N D E N S A T E U R S

DEFINITION : C'est un ensemble conçu dans le but d'obtenir une grande capacité formé par 2 parties conductrices appelées armatures séparées par un isolant qui peut être de l'air appelé diélectrique .



Expérience fondamentale :



1°) Interrupteur Position A.

- Vive déviation du galvanomètre puis retour à ∅ . En insistant , plus rien .

2°) Interrupteur Position B.

- Vive déviation du galvanomètre en sens inverse puis retour à ∅ . En insistant , plus rien .

Interprétation :

- Position A. : Le condensateur s'est chargé.
- Position B. : Le condensateur s'est déchargé

Capacité des condensateurs :

U	Q	$\frac{Q}{U}$
10 V.	2 Coulombs	0,2
20 V.	4 Coulombs	0,2
30 V.	6 Coulombs	0,2

$\frac{Q}{U}$ est constant = C

d'où : $\boxed{Q = C\,U}$

Q en Coulomb

C en Farad

U en Volt

- L'unité pratique de Capacité s'appelle le " FARAD " (F) .
- Le Farad est la capacité d'un condensateur qui prendrait une charge de 1 coulomb sous une d.d.p. de 1 Volt .
- Le Farad étant une unité beaucoup trop grand pour la pratique, on emploie les sous-multiples .

Sous-Multiples du Farad .

Microfarad (μF) = 10^{-6} F.

Nanofarad (nF) = 10^{-9} F.

Picofarad (pF) = 10^{-12} F.

CAPACITE D'UN CONDENSATEUR PLAN

- C est proportionnelle à la surface .
- C est inversement proportionnelle à l'écartement des lames

a) Diélectrique air :

$$C = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{S}{e}$$

C en Farad

S en mètre carré

e en mètre

b) Diélectrique autre .

$$C = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \varepsilon_r \frac{S}{e}$$

ε_r dépend du diélectrique .

c'est le coéfficient de permitivité .

Exemples :

Verre $\varepsilon_r = 4$ ou 5

Mica $\varepsilon_r = 5{,}4$

Céramique $\varepsilon_r = 1000$

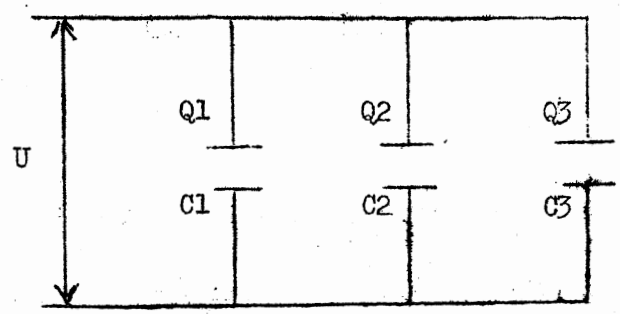
Titanate de baryum $\varepsilon_r = 1760$

Nota : pour l'air $\varepsilon_r = 1$

-:-:-:-:-:-:-

GROUPEMENT DES CONDENSATEURS

1°) en parallèle :

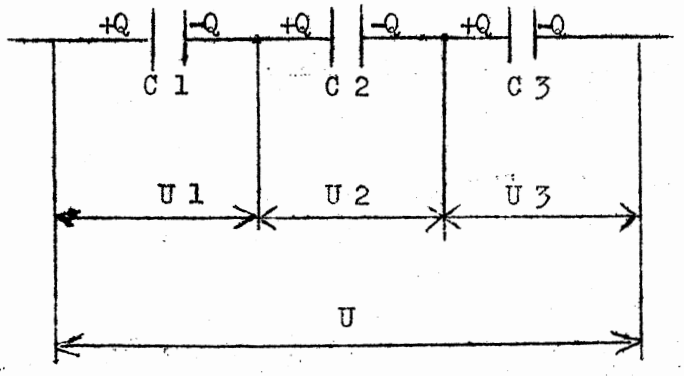


$$Q = Q1 + Q2 + Q3$$
$$Q = C\,U$$
$$Q1 = C1\,U$$
$$Q2 = C2\,U$$
$$Q3 = C3\,U$$
$$C\,U = C1\,U + C2\,U + C3\,U$$
$$C\,U = U\,(C1 + C2 + C3)$$

d'où $\boxed{C\text{ équ.} = C1 + C2 + C3}$

En parallèle , les capacités s'ajoutent .

2°) En série



$$Q = C\,U \qquad U = \frac{Q}{C}$$
$$Q = C1\,.\,U1 \qquad U1 = \frac{Q}{C1}$$
$$Q = C2\,.\,U2 \qquad U2 = \frac{Q}{C2}$$
$$Q = C3\,.\,U3 \qquad U3 = \frac{Q}{C3}$$
$$U = U1 + U2 + U3$$
$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C1} + \frac{Q}{C2} + \frac{Q}{C3}$$
$$Q\,\frac{1}{C} = Q\left(\frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3}\right)$$

d'où $\boxed{\frac{1}{C\text{ équ.}} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3}}$

En série , l'inverse de la capacité équivalente est égale à la somme de l'inverse des capacités partielles .

ENERGIE LIBEREE PAR UNE CAPACITE

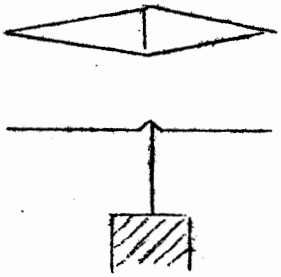
$$\boxed{W = \frac{1}{2}\,C\,U^2}$$

W en Joule
C en Farad
U en Volt

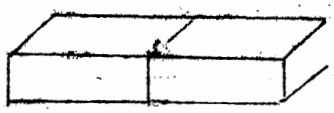
MAGNETISME - ELECTROMAGNETISME

I - AIMANTS .

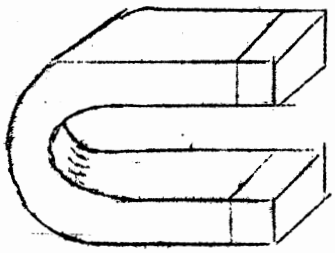
a) Quelques formes usuelles d'aimants .



Aiguille aimantée

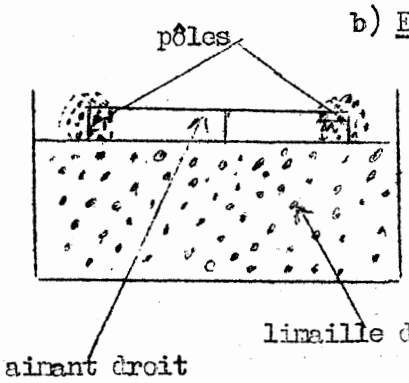


Aimant droit



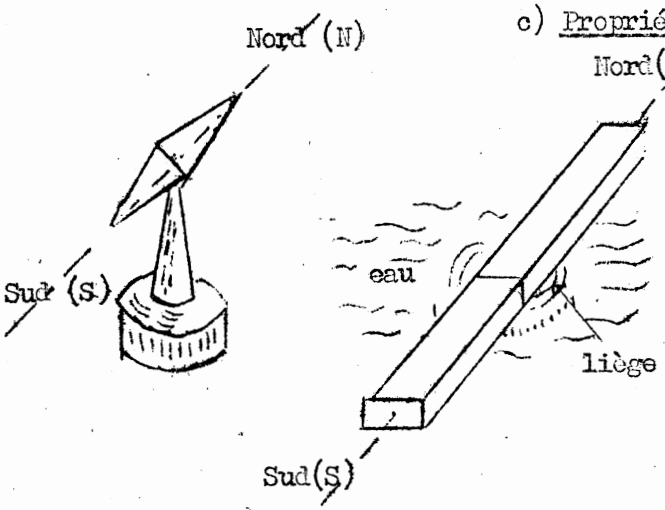
Aimant fer à cheval

b) Expérience :



- Les régions où s'attache la limaille de fer s'appellent les pôles de l'aimant .
- Un aimant n'attire la limaille qu'en ces régions.
- Il y en a toujours deux .
- Les pôles sont séparés par des régions neutres .

c) Propriétés des pôles .



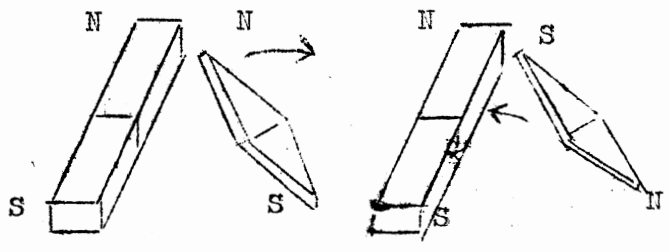
- Les 2 pôles d'un aimant ont des propriétés différentes .

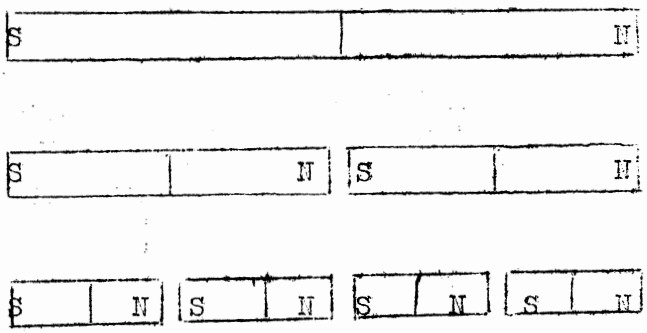
1°) Un aimant mobile s'oriente ; c'est toujours le même pôle qui se dirige vers le Nord , l'autre s'appelle le pôle Sud .

2°) Les pôles s'attirent ou se repoussent .

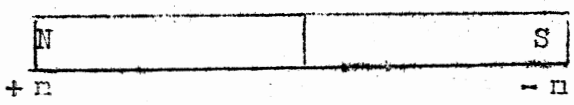
- Les pôles de même nom se repoussent .
- Les pôles de sens contraire s'attirent .

3°) Si l'on pouvait diviser un aimant , on constaterait qu'il est impossible d'isoler un pôle . A chaque fois que l'on sectionne un aimant nous obtenons des petits aimants avec un pôle Nord et un pôle Sud .



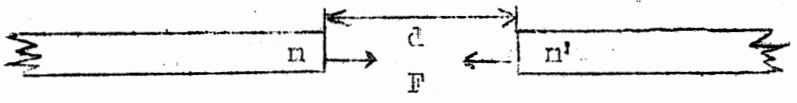


II - MASSE MAGNETIQUE .



- On appelle masse magnétique " n " d'un pôle la quantité de magnétisme que possède ce pôle . Un aimant est donc caractérisé par 2 masses magnétiques puisque 2 pôles . On a la masse magnétique Nord que l'on désigne par + n et la masse magnétique sud que l'on désigne par - n . Les 2 masses d'un aimant sont égales en valeur absolue .

III - FORCE MAGNETIQUE (LOI DE COULOMB)



La formule de Coulomb donne la valeur de la force avec laquelle 2 masses magnétiques s'attirent ou se repoussent .

$$F = \mu_0 \frac{n \cdot n'}{d^2}$$

Le coéfficient μ représentz la permeabilité par rapport à celle du vide du milieu dans lequel se trouve les 2 masses magnétiques.

μ_0 (vide parfait) = $4 \cdot 10^{-7}$

F en Newton
n en gramme
d en centimètre .

IV - CHAMP D'INDUCTION MAGNETIQUE .

1°) Définition :

- Région dans laquelle un aimant est sensible .

2°) Intensité du Champ magnétique .

- Expérience : approchons par exemple une aiguille aimantée d'un aimant droit , on s'aperçoit que l'aiguille aimantée dévie . Elle se trouve donc dans le champ magnétique de l'aimant .

Si on déplace l'aiguille on s'aperçoit qu'en chaque point elle change de position . Cela signifie qu'en chaque point du champ magnétique de l'aimant , les actions de celui-ci ne sont pas identiques . On est obligé de définir pour chaque point du champ magnétique une caractéristique qui les différenciera appelée intensité du champ magnétique (ou induction magnétique) .

V - INDUCTION MAGNETIQUE .

- Pour une masse magnétique " m " , soumise à une force F , on appelle le rapport $\frac{F}{m}$ induction magnétique (Symbôle $\vec{B}$)

$$F = m \vec{B}$$

F en Newton

m en gramme

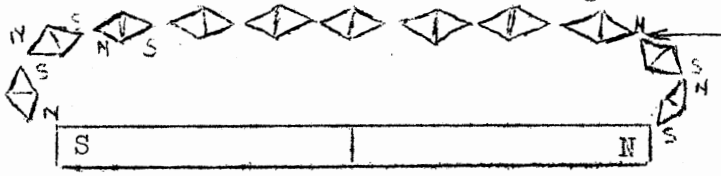
B en Tesla

- Afin de préciser la direction et la force , la lettre B est assortie d'un vecteur . ($\vec{B}$) .

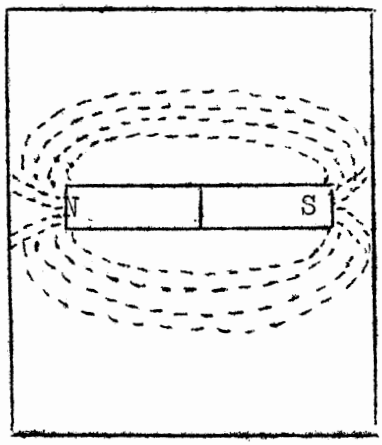
VI - SPECTRE MAGNETIQUE .

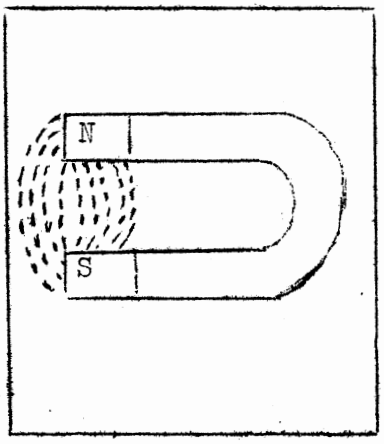
Définition : Le spectre magnétique représente matériellement les lignes de force .

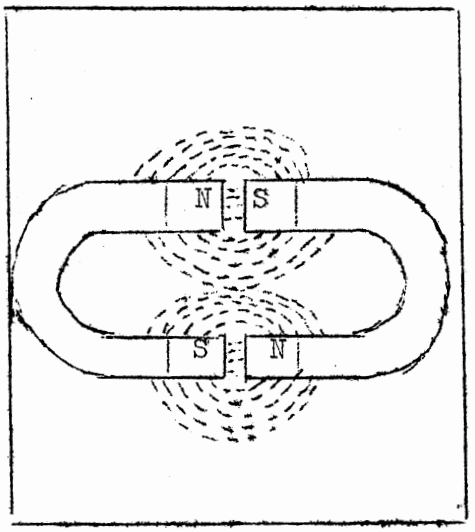
La trajectoire que suivrait un pôle Nord mobile dans un champ magnétique est une ligne de force .



Avec une plaque de verre , de la limaile de fer et différents aimants , on peut représenter les différents spectres magnétiques .







Explication du phénomène :

- Chaque grain de limaille de fer projeté aux environs de l'aimant devient un petit aimant par influence , et pivotant sur l'une de ses aspérités , se place dans la direction du champ au point où il se trouve . Les grains se placent bout à bout , leurs pôles de nom contraire en regard et chaque file matérialise ainsi une ligne de force .

D'autre part , l'attraction que l'aimant exerce sur la limaille quand elle tombe accumule les grains en plus grand nombre là où le champ est plus intense de sorte que le spectre , en même temps qu'il dessine des lignes de force donne une image de l'intensité relative du champ le long de ces lignes .

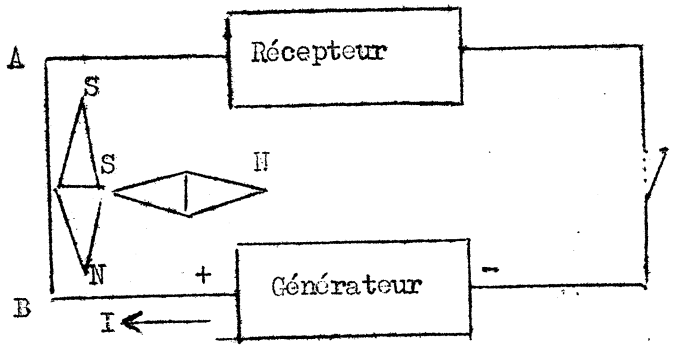
INDUCTION INDUITE PAR UN COURANT CONTINU .

I - Introduction :

Nous avons vu dans l'étude du magnétisme qu'un barreau aimanté créait autour de lui un champ dit " Champ magnétique " ayant en chaque point de l'espace une direction , un sens et une intensité bien définie .

Si on fait passer un courant dans un conducteur , ce courant donne naissance à un champ autour du conducteur , et ce champ est appelé " Champ électromagnétique " pour le différencier du précédent .

II - Expérience d' OERSTED .

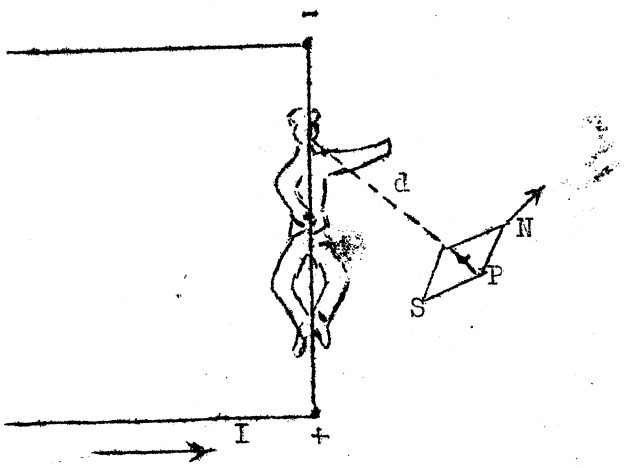


Lorsqu'on ferme le circuit , l'aiguille aimantée dévie et tend à se mettre en croix avec le conducteur .

Conclusion : Le conducteur A. B. parcouru par un courant crée autour de lui un champ qui fait dévier l'aiguille aimantée

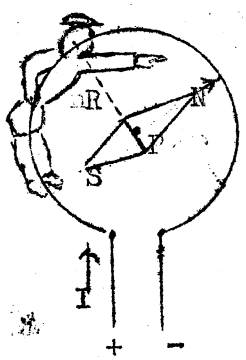
III - LOI DU BONHOMME D'AMPERE .

1°) Dans le cas d'un conducteur rectiligne .



- Un observateur placé sur un fil , de manière que le courant lui rentre par les pieds et lui sorte par la tête , regardant le point P. où il veut connaitre le champ magnétique voit le vecteur champ se diriger vers sa gauche .

2°) Dans le cas d'une spire .



Application de la même règle

IV - VALEUR DE L'INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE INDUITE .

1°) Dans le cas d'un conducteur rectiligne .

$$\vec{B} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I}{d}$$

2°) Dans le cas d'une spire

$$\vec{B} = 2 \pi 10^{-7} \frac{I}{R}$$

I en ampère
R et d en mètre
$\vec{B}$ en Tesla

Applications :

- Electro - aimants
- Sonneries électriques
- Principe du télégraphe etc...

Remarque:

En dehors des aimants naturels tirés de certains échantillons fer , on peut créér facilement d'autres sortes d'aimants .

a) Une tige d'acier à l'intérieur d'une bobine dans laquelle on fait passer un courant conserve son aimantation lorsqu'on a coupé le courant . La tige d'acier est devenue un aimant artificiel permanent .

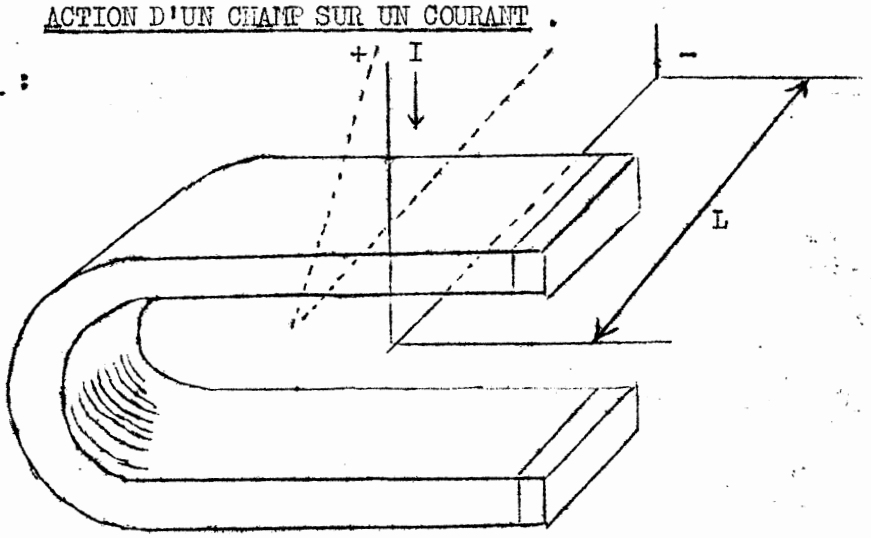
b) Au lieu d'une tige d'acier , prenons une tige de fer doux , l'aimantation disparait dès que l'on coupe le courant . C'est un aimant artificiel temporaire . L'ensemble barreau de fer doux - Bobine est alors appelé Electro-aimant .

c) Si nous faisions la même expérience avec du cuivre , de l'aluminium ou du plomb , nous constaterions aucune aimantation . Les corps qui s'aimantent , tel le fer , sont dits " Ferromagnétiques " .

-:-:-:-:-:-:-

ACTION D'UN CHAMP SUR UN COURANT .

Expérience :



1°) Plaçons dans l'entrefer d'un aimant en fer à cheval un conducteur électrique mobile qui se trouve ainsi plongé dans un milieu où règne un champ magnétique uniforme .
Dès que le courant parcourt le conducteur , celui ci se déplace et prend une nouvelle position . A ce déplacement correspond une force qui est appliquée au conducteur et qui résulte de l'action d'un champ magnétique sur un courant et appelée à cet effet " Force électromagnétique " .

2°) Si l'on inverse le sens du courant dans le conducteur , le sens du déplacement est inversé .

3°) Il en est de même , si conservant le sens primitif du courant , on inverse les polarités de l'aimant .

Le sens de l'action électromagnétique est donc fonction d'une part de la position des pôles de l'aimant par rapport au conducteur , d'autre part du sens du courant dans le conducteur .

Valeur de la force électromagnétique .

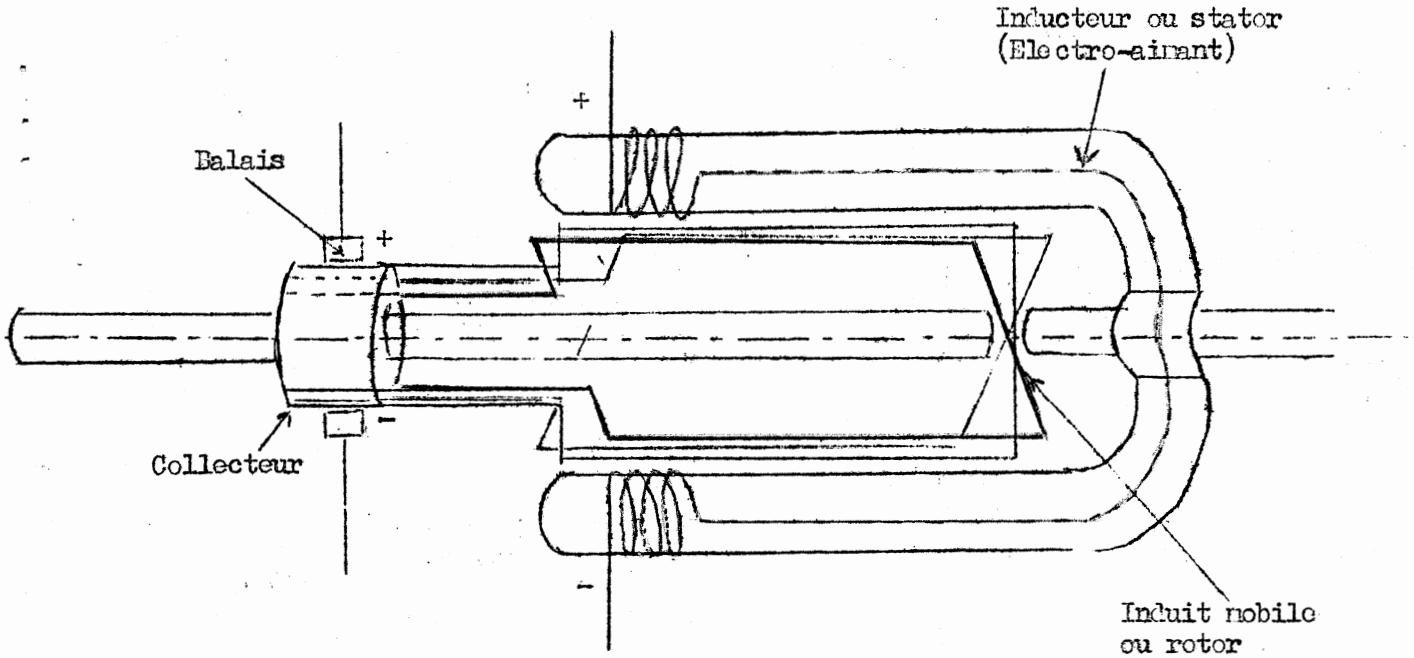
$$F = I \times L \times \vec{B}$$

F en Newton
I en ampère
B en Tesla

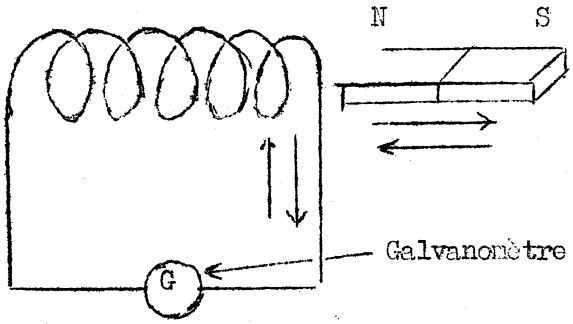
Application : Le moteur à courant continu .

Principe du moteur à courant continu .

- L'élément de courant est un cadre pouvant tourner autour d'un axe . Il est placé dans l'entrefer d'un électro-aimant à champ radial .
- Les forces électromagnétiques s'exerçant sur le circuit mobile (rotor ou induit) placé dans le champ produit par un électro-aimant (stator ou inducteur) font apparaitre de l'énergie mécanique .
- Un moteur à courant continu usuel comprend donc :
  - Un inducteur : fixe ou stator (électro-aimant)
  - Un induit : mobile ou rotor
  - Un collecteur
  - des balais : bornes du circuit d'alimentation



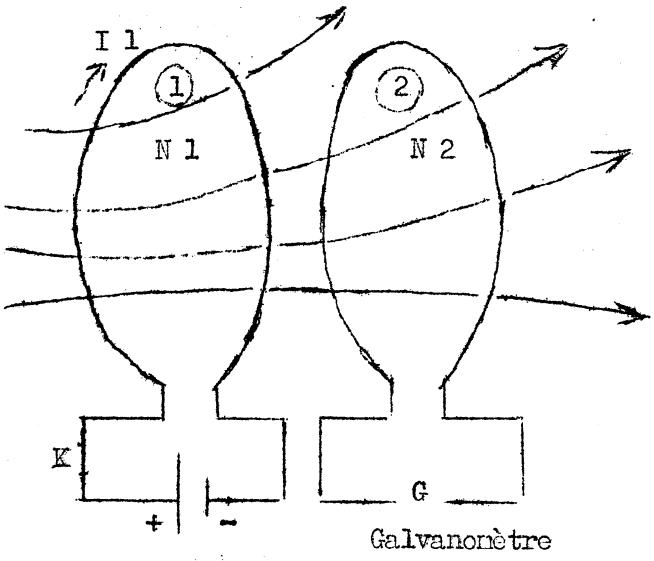
INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE



- La variation du flux produite par la manoeuvre de l'aimant fait naitre dans la self (solénoïde) un courant induit , lequel s'oppose , par son sens à la cause qui lui donne naissance

Galvanomètre à zéro central .

MUTUELLE - INDUCTION



- Soit un circuit (1) ayant N 1 spires . Soit un circuit (2) ayant N 2 spires placé au voisinage de (1) . Lorsque I 1 passe dans (1) , ce circuit produit un champ magnétique autour de lui , il en résulte un flux $\Phi 2$ à travers le circuit (2) .

- Si I 1 est constante , E 2 est égale à zéro , mais si I 1 varie , $\Phi 2$ varie et E 2 est différente de Zéro . Il en résulte que la f.e.m. E 2 n'éxistera que pendant les variations de I 1 , c'est à dirre , dans le cas de la figure , aux moments de l'ouverture et de la fermeture de "K". Si par contre I 1 est alternative , elle varie continuellement , le phénomène de l'induction mutuelle se produira continuellement et sera une f.e.m. alternative (c'est le principe des transformateurs) .

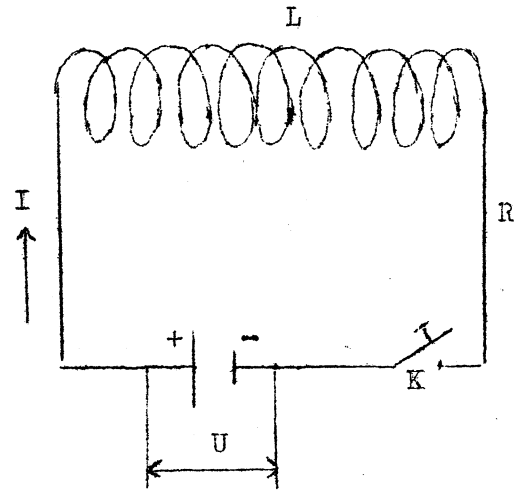
SELF- INDUCTION

Nous avons vu que toute variation de flux dans un circuit y induit une f.e.m. Ceci est vrai quelque soit l'origine du flux et , en particulier si le flux est du au circuit lui même . Dans ce cas le phénomène s'appelle : self-induction , c'est à dire induction sur soi même .

Sens de la f.e.m. induite

- Soit une self alimentée par une source de tension U , soit R la résistance totale du circuit . Si K est fermé , on a un courant continu $I = \frac{U}{R}$.

Mais à l'ouverture ou à la fermeture de K , on a une f.e.m. induite qui tend à s'opposer à la cause qui l'a produite .

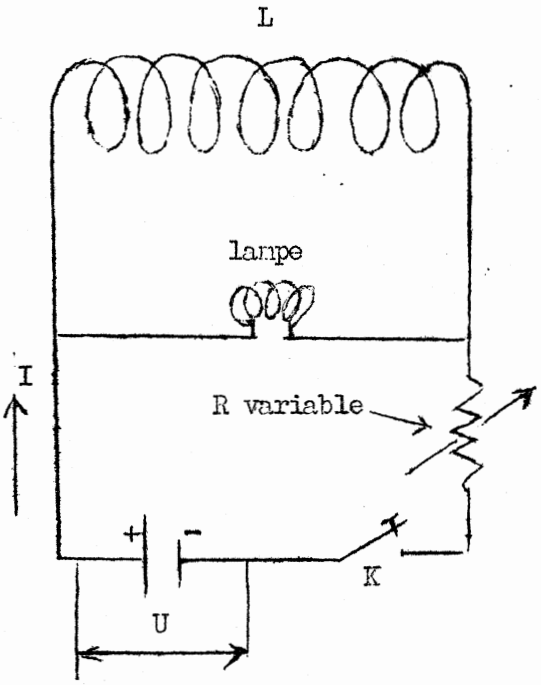


1°) Etablissement du courant .

- Au moment où l'on ferme K , le courant atteindrait instantanément la valeur $I = \frac{U}{R}$ s'il n'y avait pas de self-induction . Lorsqu'il y a une self , celle-ci s'oppose par une f.e.m. induite à une variation aussi brusque du courant.

2°) Coupure du courant .

- Lorsque l'on ouvre K , le courant qui était $I = \frac{U}{R}$ (régime normal) deviendrait nul instantanément s'il n'y avait pas de self . Mais celle-ci donne une f.e.m. induite qui tend à prolonger le passage du courant .



La valeur de la f.e.m. induite peut atteindre des valeurs énormes , très supérieures à U si la coupure est fait brusquement . Le courant ne cesse pas immédiatement et franchit l'espace d'air entre les couteaux de K par une étincelle , grace à la tension induite ; c'est l'extra courant de rupture. Ce principe est utilisé dans la magnéto d'allumage qui produit des f.e.m. induites très élevées grace à la coupure du courant par le rupteur .

Remarque : Dans de nombreux cas , la coupure brusque du courant d'une self (inducteurs des dynamos par exemple) risque de " claquer " l'isolant entre les spires de la self .

Dans l'expérience :

a) Fermer K , régler l'incandescence très faible .

b) Ouvrir K , on remarque un éclat vif de la lampe .

c) Fermer K , on remarque également un éclat vif de la lampe .

Unité de self-induction : (symbôle L.)

- L'unité pratique est le " Henry " . C'est la self qui donne une f.e.m. induite de 1 volt pour une variation régulière du courant à raison de 1 ampère par seconde .

FLUX MAGNETIQUE

Définition :

- On appelle flux magnétique à travers une surface , la quantité :

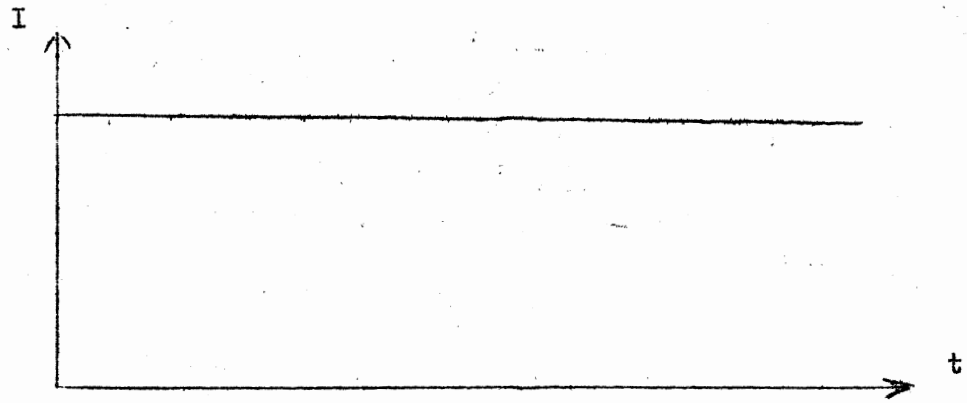
$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos.\alpha$$

L'unité de flux magnétique est le weber (Wb) lorsque l'unité d'induction magnétique est le tesla (T) et celle de la surface le mètre carré (m^2) : 1 Wb = 1 T x 1 m^2

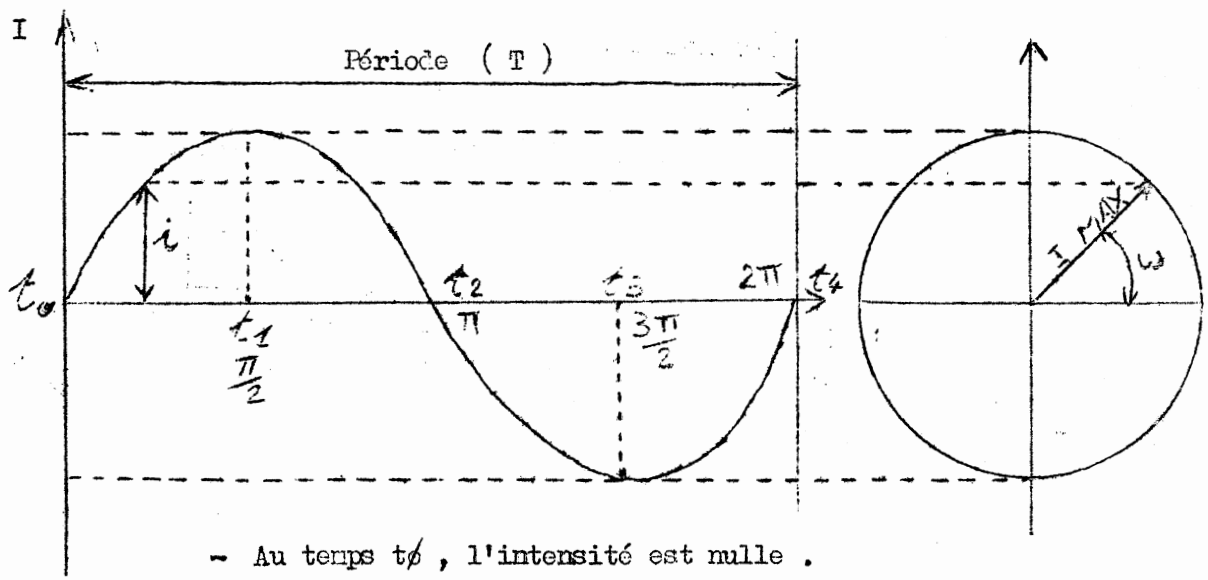
LE COURANT ALTERNATIF

GENERALITES :

- Le courant alternatif est un courant dont la valeur change continuellement dans le temps .
- Jusqu'à maintenant , nous avons étudié le courant continu , c'est à dire un courant dont la valeur ne varie jamais .
- C'est ainsi que si l'on veut représenter graphiquement un courant continu , on aura la figure suivante .



- En abcisse on porte le temps et en ordonnée l'intensité I . On voit que le courant continu est représenté par une droite .
- Si , par contre , nous voulons représenter un courant alternatif en conservant les mêmes axes de coordonnées , nous aurons :



- Au temps tø , l'intensité est nulle .
- Au temps t 1 , l'intensité est maximum et vaut par exemple + 10 ampères .
- Au temps t 2 , l'intensité est à nouveau nulle .
- Au temps t 3 , l'intensité est à nouveau maximum , mais elle a changé de signe . Elle vaut - 10 Ampères par exemple .
- Au temps t 4 , elle est revenue à zéro .

Le cycle alors recommence . C'est ce que l'on appelle un courant alternatif sinusoïdal .

On voit que le courant alternatif change de sens (ici au temps t2) et qu'il se compose de deux demi-alternances égales , l'une positive , l'autre négative . La valeur moyenne d'un courant alternatif est donc nulle .

PERIODE :

- On appelle période du courant alternatif le temps en secondes mis par ce courant pour reprendre sa valeur initiale . Dans l' exemple précédent , la période s'étend de t ∅ à t 4 . On la représente par la lettre T . Un courant est dit périodique quand il se retrouve dans des périodes de temps constants dans un même état .

FREQUENCE :

- On appelle fréquence du courant alternatif le nombre de périodes par seconde . Elle s'exprime en hertz et se représente par la lettre F .

$$F = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \longrightarrow \omega = 2\pi F$$

CALCUL DE L'INTENSITE INSTANTANEE .

$$i_{inst.} = I_{MAX.} \sin. \omega t$$

I et i en Ampère .

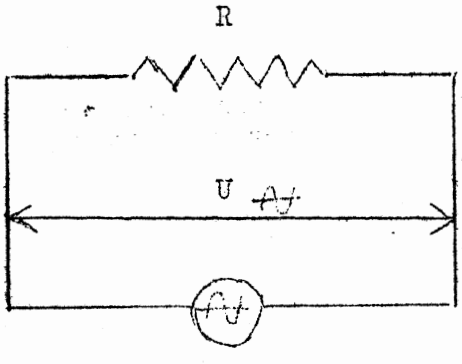
ω représente la pulsation .

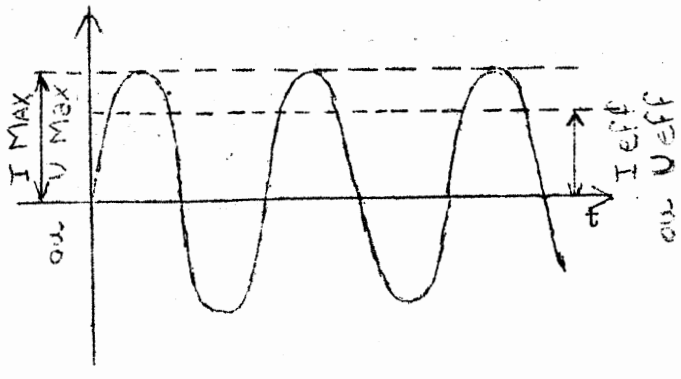
ωt représente la phase .

Dans un courant alternatif , plus la fréquence est grande (donc la pulsation) plus la période est petite .

VALEURS EFFICACES :

- On appelle intensité efficace ou tension efficace la tension utile , c'est à dire celle qui en courant continu produirait la même quantité de chaleur (effet Joule) en passant dans une résistance R Ohms





a) Intensité efficace :

$$I_{eff.} = \frac{I_{MAX.}}{\sqrt{2}}$$

b) Tension efficace :

$$U_{eff.} = \frac{U_{MAX.}}{\sqrt{2}} \qquad \sqrt{2} = 1{,}414$$

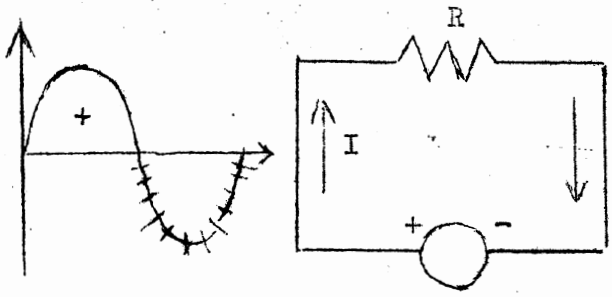
NOTA : Lorsque l'on parle d'une tension secteur de 110 ou 220 volts , il s'agit de tension efficace .

PRODUCTION DU COURANT ALTERNATIF :

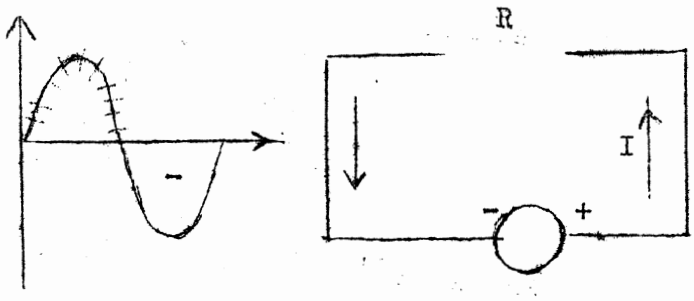
- Le courant alternatif est produit par un générateur appelé ALTERNATEUR .

- A l'inverse des générateurs à courant continu pour lesquels on doit toujours indiquer les polarités (+) et (-) , on n'indiquera pas ces polarités pour les alternateurs puisqu'elles changent périodiquement . On aura en effet :

1ère demi-alternance



2ème demi-alternance



On voit que le sens du courant est inversé .

On se contentera d'indiquer sur les schémas qu'il s'agit d'un générateur à courant alternatif par le signe ——(~)—— placé à l'intérieur d cercle .

ETUDE DES CIRCUITS (En courant alternatif)

I - RESISTANCES :

- A la condition de prendre les valeurs efficaces du courant ou de la tension , les calculs sont exactement les mêmes qu'en courant continu . En alternatif , la loi d'ohm s'écrit :

$$U_{Eff} = R \cdot I_{Eff}$$

U en volt

R en ohm

I en ampère

Il en est de même pour la loi de Joule .

Nota :

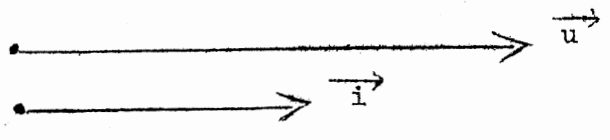
$u_{inst.} = R \cdot i_{inst.}$

$U_{Max.} = R \cdot I_{Max.}$

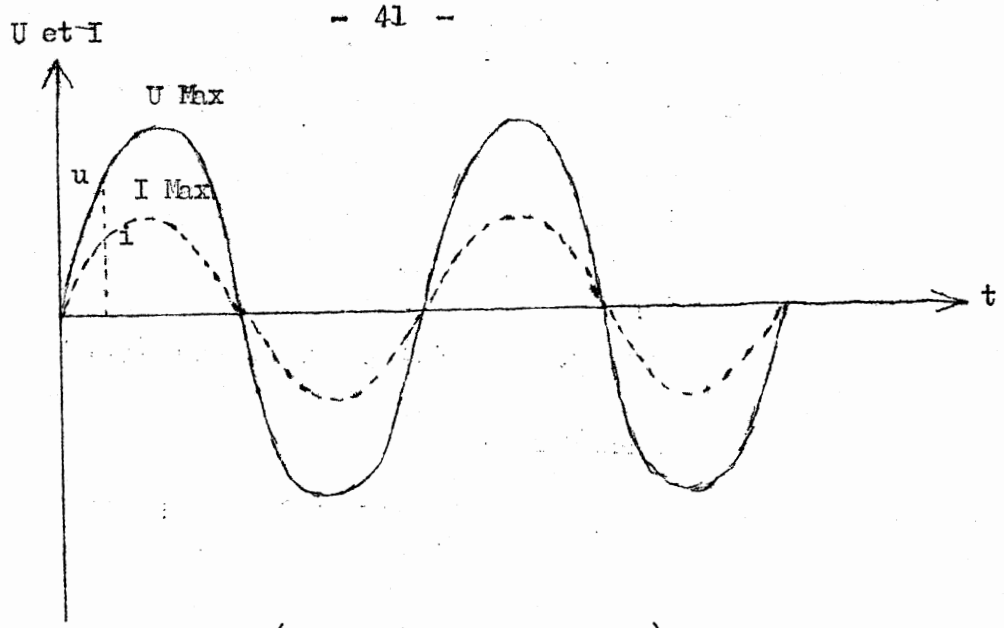
$i_{inst.} = I_{Max.} \sin. \omega t$

$u_{inst.} = U_{Max.} \sin. \omega t$

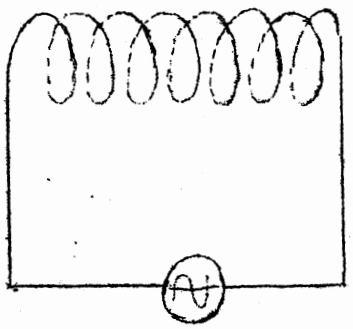
Schéma de Fresnel (Vecteurs)



Dans une résistance , tension et intensité sont en phase .



II - SELFS (Bobines ou inductances)



- Si l'on fait parcourir une inductance ou bobine par un courant alternatif , le champ magnétique à l'intérieur de cette inductance va changer continuellement de sens , c'est à dire qu'il augmentera et diminuera au rythme de la fréquence du courant alternatif .

- Il y aura donc dans les spires de la bobine naissance de courants induits qui s'opposeront au courant dans le circuit .

- De sorte que l'inductance ou bobine placée dans un circuit parcouru par un courant alternatif opposera à ce courant une impédance qui sera directement proportionnelle à la fréquence du courant . On dit qu'une self " retient le courant ".

Nota : La résistance qui varie avec la fréquence s'appelle une impédance . On parlera donc de l'impédance d'une self et non pas de sa résistance .

L'impédance d'une self (ou inductance) est donnée par la formule :

$$Z = L\omega \longrightarrow = L \cdot 2\pi F$$

Z en Ohm

F en hertz

L en Henry

Pour une self , la Loi d'Ohm s'écrit :

$$U\ eff. = Z \cdot I\ eff. = L\omega \cdot I\ eff.$$

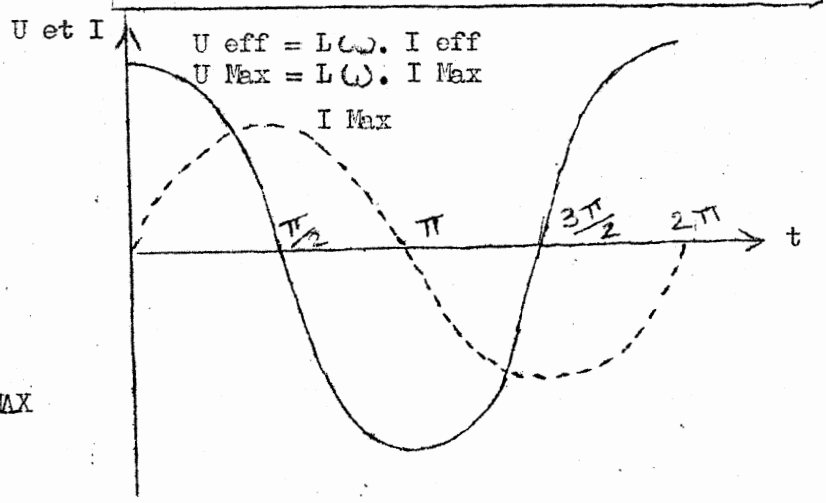
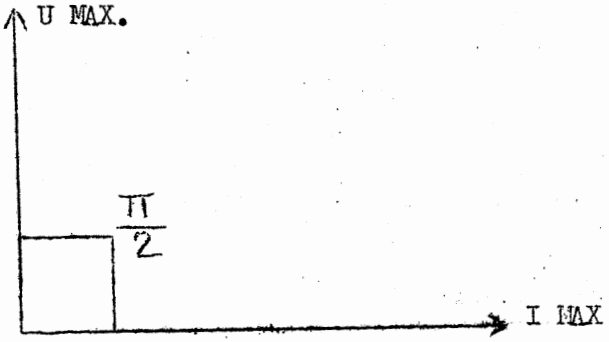


Schéma de Fresnel



U et I sont en quadrature .

La tension a une phase de $\omega t + \frac{\pi}{2}$ par rapport à l'intensité .

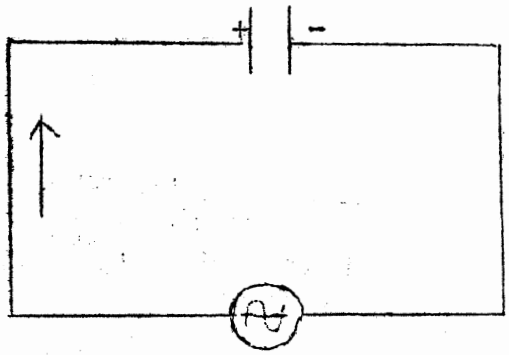
On a : U max = L ω . I max

i inst.= I max Sin ω t

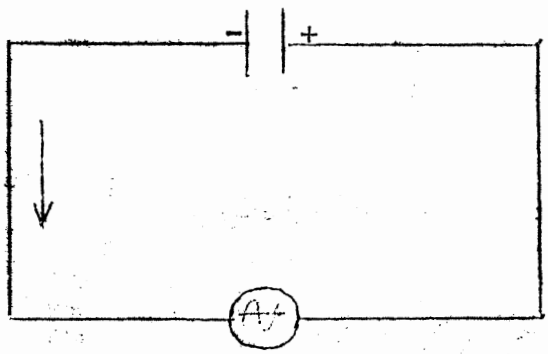
Comme dans une self , I max. est en retard de $\frac{\pi}{2}$ sur la tension , on dit que :

$$u \text{ inst.} = L\omega \cdot I \text{ max} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

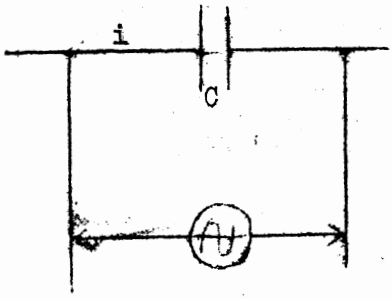
III - CONDENSATEURS .



1ère demi-alternance



2ème demi-alternance



- Les armatures sont alternativement positives ou négatives , c'est-à-dire que le condensateur se charge puis se décharge pour se charger en sens inverse au rythme de la fréquence du courant alternatif .

Conclusion très importante à retenir :

- Le condensateur laisse passer le courant alternatif et cela d'autant plus facilement que la fréquence est élevée .

- Le condensateur va donc opposer au courant alternatif une certaine résistance , mais cette résistance sera variable . Plus la fréquence sera élevée , plus la résistance sera faible .

Formule donnant l'impédance d'un condensateur :

$$Z = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{C \times 2\pi F} \qquad \frac{1}{C} = \text{Capacitance}$$

Z en Ohm

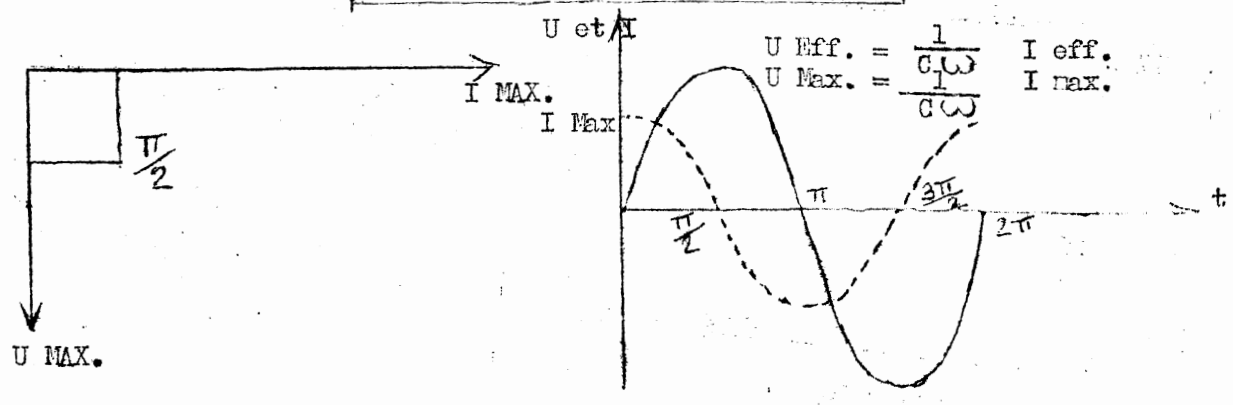
C en Farad

F en Hertz

En ce qui concerne les condensateurs , la Loi d'Ohm s'écrit :

$$U \text{ eff.} = Z \cdot I \text{ eff.}$$

$$= \frac{1}{C} \times I \text{ eff.}$$



- Dans un condensateur , la tension a une phase de $\omega t - \frac{\pi}{2}$ par rapport à l'intensité .

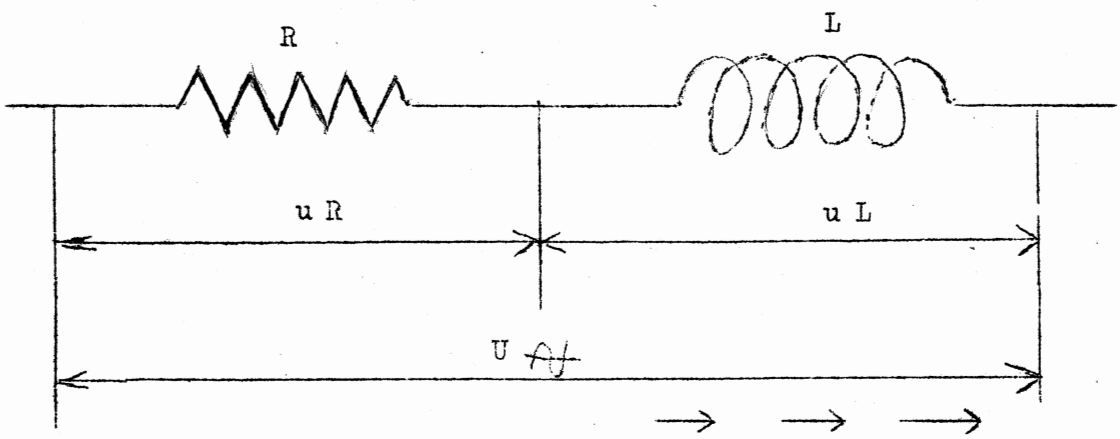
$$i \text{ inst.} = I \text{ Max} \cdot \sin. \ t$$

$$u \text{ inst.} = \frac{1}{C\omega} \ I \text{ max. sin. } (\omega t - \frac{\pi}{2})$$

IV - CIRCUITS SERIE :

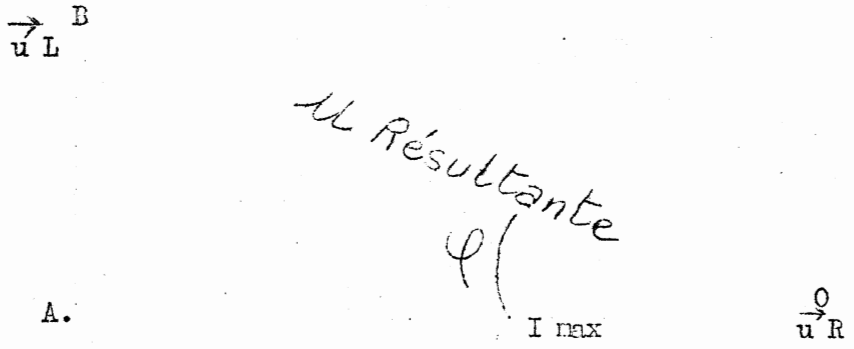
1°) Self - Résistance :

- En général , du fait de sa composition , la self présente toujours une certaine résistance que l'on shématise ainsi :



Pour les vecteurs : $\vec{u} = \vec{u_R} + \vec{u_L}$

Schéma de Fresnel :



Si l'on se rappelle de la leçon de trigonométrie , on a :

$$\text{Cosinus d'un angle} = \frac{OA}{OB}$$

donc : $$\boxed{\text{Cos. } \varphi = \frac{u \text{ Résistance}}{u \text{ Résultante}} = \frac{R. \ I \text{ Max.}}{Z. \ I \text{ Max}} = \frac{R}{Z}}$$

- Ceci donne une idée du déphasage de I par rapport à u Résultante dans le circuit .

- Si l'on prend les valeurs maximum on a :

$$u \text{ R max.} = R \ . \ I \text{ max.}$$

$$u \text{ L max.} = L\omega \ . \ I \text{ max.}$$

donc : $$U \text{ max}^2 = u \text{ R max}^2 + u \text{ L max}^2$$

$$= R^2 \ . \ I \text{ max}^2 + L^2 \ . \ \omega^2 \ . \ I \text{ max}^2$$

$$U\,Max^2 = (R^2 + L^2 . \omega^2)\; I\,Max^2$$

$$U\,Max = \sqrt{R^2 + L^2 . \omega^2}\; I\,Max$$

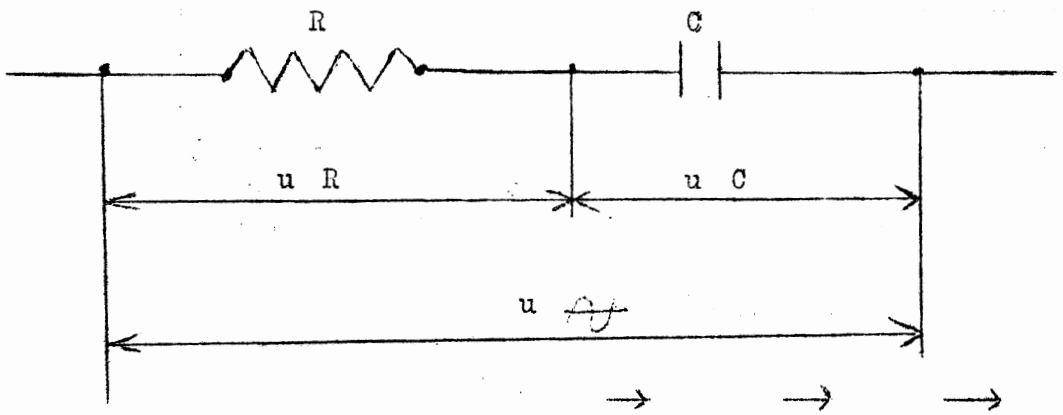
- On sait que Z représente l'impédance du circuit en Ohm . On a donc :

$$U = Z . I$$

$$Z . I\,Max. = \sqrt{R^2 + L^2 . \omega^2}\; I\,max.$$

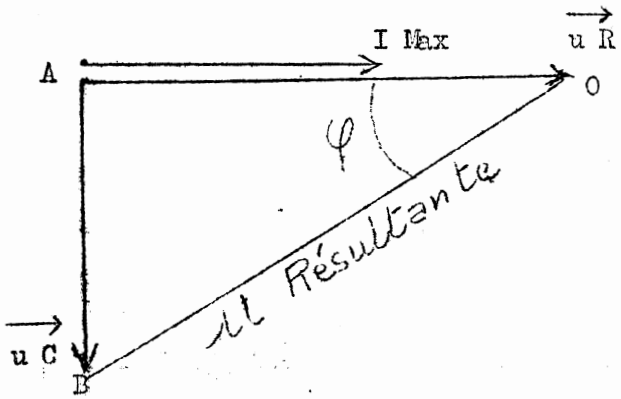
$$\boxed{Z = \sqrt{R^2 + L^2 . \omega^2}}$$

2°) Capacité - Résistance -



Pour les vecteurs : $\vec{u} = \vec{u_R} + \vec{u_C}$

Schéma de Fresnel :



- Au point de vue déphasage , on aura toujours la même résolution , mais le cos. φ sera négatif puisque u C est déphasé de $\frac{\pi}{2}$ en arrière par rapport à u R.

Si l'on prend les valeurs maximum on a :

$$u\,R\,max. = R . I\,max$$

$$u\,C\,max. = \frac{1}{C . \omega}\; I\,max$$

$$U\,Max.^2 = u\,R^2 + u\,C^2$$

$$= R^2 . I\,max.^2 + \frac{1}{C^2 . \omega^2}\; I\,max^2$$

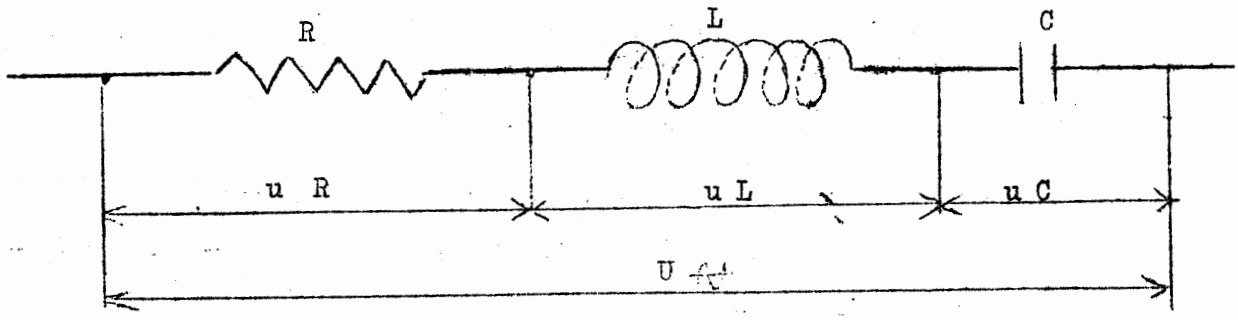
$$U\,Max. = \sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2 . \omega^2}}\; I\,Max.$$

Comme U Max. = Z . I Max.

$$Z \cdot I\,Max = \sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2 \cdot \omega^2}}\; I\,Max.$$

$$\boxed{Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2 \cdot \omega^2}}}$$

3°) Circuit Self - Résistance - Capacité

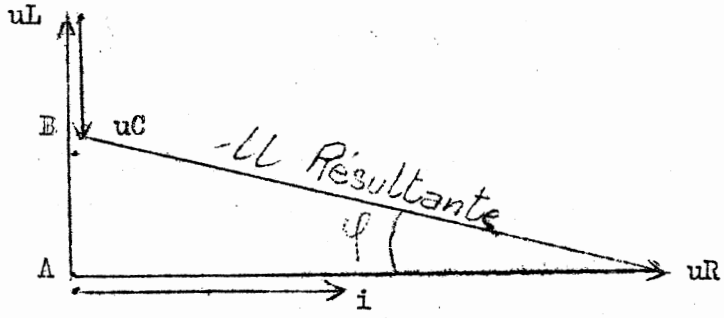


Au point de vue vecteur :

$$\overrightarrow{U\,Résultante} = \overrightarrow{u\,R} + \overrightarrow{u\,L} + \overrightarrow{u\,C}$$

Schéma de Fresnel

a) Cas de u L plus grande que u C



La tension U est en avance sur l'intensité . On dit que le circuit est selfique .

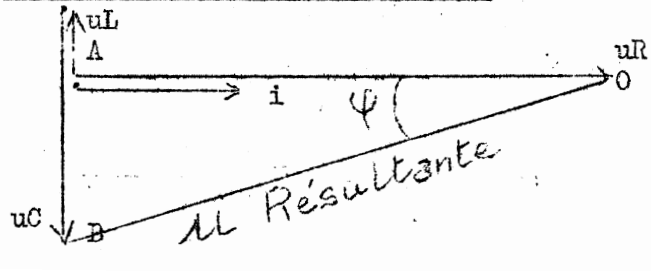
$$\overrightarrow{u\,R\,Max.} = R \cdot I\,Max.$$

$$\overrightarrow{u\,L\,Max.} = L\,\omega\; I\,Max.$$

$$\overrightarrow{u\,C\,Max.} = -\frac{1}{C\,\omega}\; I\,Max.$$

$$\boxed{Z = \sqrt{R^2 + \left(L\,\omega - \frac{1}{C\,\omega}\right)^2}}$$

b) Cas de u C plus grande que u L .



La tension U est en retard sur l'intensité . On dit que le circuit est capacitif .

$$u_{R\,Max.} = R \cdot I_{Max.}$$

$$u_{L\,Max.} = L\,\omega\, I_{Max.}$$

$$u_{C\,Max.} = -\frac{1}{C\,\omega} I_{Max.}$$

$$\boxed{Z = \sqrt{R^2 + \left(L\,\omega - \frac{1}{C\,\omega}\right)^2}}$$

Dans les 2 cas , on remarque que les vecteurs $L\,\omega$ et $\frac{1}{C\,\omega}$ ont la même direction mais des sens contraires ; ils se retranchent donc pour avoir une résultante A. B.

$$A.\,B. = L\,\omega - \frac{1}{C\,\omega}$$

Ce terme s'appelle réactance de self et de capacité .

La réactance de capacité a été affectée du signe (-) , c'est-à-dire : $= \frac{1}{C\,\omega}$

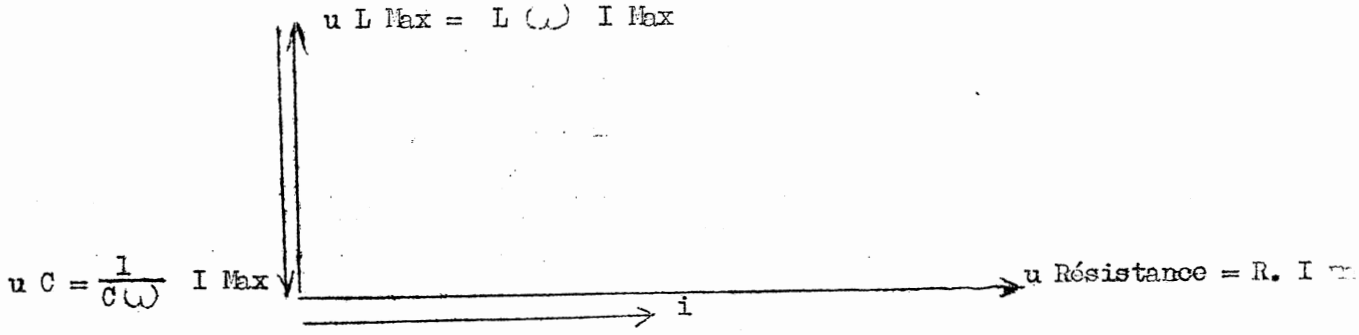
Déphasage : Dans les 2 cas ,

$$\cos.\,\varphi = \frac{OA}{OB} = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(L\,\omega - \frac{1}{C\,\omega}\right)^2}}$$

$$tg\,\varphi = \frac{AB}{OA} = \frac{\text{Réactance}}{\text{Résistance}} = \frac{L\,\omega - \frac{1}{C\,\omega}}{R}$$

On remarque que le déphasage φ peut être positif ou négatif suivant que $L\,\omega$ est plus grand ou plus petit que $\frac{1}{C\,\omega}$

c) Cas de $u_L = u_C$.



$$u_L = u_C$$

$$L\,\omega\, I_{Max} = \frac{1}{C\,\omega} I_{Max}$$

d'où : $L\,\omega = \frac{1}{C\,\omega} \longrightarrow L\,\omega - \frac{1}{C\,\omega} = \emptyset$

Reprenons la formule de l'impédance :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

$$= \sqrt{R^2 + 0}$$

$$Z = R$$

On constate donc que si la condition $L\omega = \frac{1}{C\omega}$ est remplie, l'impédance du circuit est réduite à sa résistance et le déphasage entre le courant et la tension est nul.

Autrement dit, les effets de la self et de la capacité s'annulent exactement et le circuit se comporte comme une résistance pure R. Vectoriellement, cette condition se traduit par $L\omega\ I\ max = \frac{1}{C\omega} I\ Max$ et les deux vecteurs qui représentent les tensions aux bornes de L et de C se superposent exactement. La tension totale est donc : R . I Max

On dit que le circuit est à la résonnance.

Surtension :

- Soit U la d.d.p. efficace appliquée aux bornes de l'ensemble, le courant sera dans le cas de la résonnance :

$$I = \frac{U}{R}$$

Ce courant crée aux bornes de la self une d.d.p. :

$$U\ Eff. = L\omega\ I = L\omega\ \frac{U}{R}$$

- Cette d.d.p. peut être très supérieure à la tension d'alimentation et on appelle coéfficient de surtension le rapport :

$$\frac{\frac{U\ Eff.}{U}}{}$$

ou encore :

$$\frac{L\omega \cdot \frac{U}{R}}{U} = \frac{L \cdot \omega}{R}$$

D'après la condition de résonnance ($L = \frac{1}{C}$), ce coéfficient de surtension peut aussi s'écrire :

$$\frac{U\ Eff.}{U} = \frac{\frac{1}{C\omega} \times \frac{U}{R}}{U} = \frac{\frac{U}{RC\omega}}{U} = \frac{1}{RC\omega}$$

Cette même surtension se retrouve donc aux bornes de la capacité.

Si la résistance est faible, le courant ($I = \frac{U}{R}$) devient très grand, le coéfficient de surtension aussi et il ya danger de claquer les isolants de la self ou de la capacité.

En pratique, le coéfficient de surtension varie de 10 à 20 au plus.

Condition de résonnance , Formule de Thonson .

- Lorsque la condition $L(\omega) = \frac{1}{C\omega}$ est remplie , on dit qu'il y a résonnance . Cette condition peut aussi s'écrire $LC(\omega)^2 = 1$

De cette formule on déduit :

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad \text{Rappel : } \omega = 2\pi F = \frac{2\pi}{T}$$

on a donc : $2\pi F = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Longrightarrow \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

et : $\boxed{T = 2\pi\sqrt{LC}}$ (T étant la période

c'est la forme de la condition de résonnance connue sous le nom de

Formule de Thonson

-:-:-:-

Variation de la Fréquence :

- Un circuit donné ne satisfait à la condition de résonnance que pour une seule fréquence . Si la fréquence varie , il n'y a plus résonnance ; si elle augmente , ω augmente ($\omega = 2\pi F$) et l'on a : $L\omega > \frac{1}{C\omega}$. La valeur de la réactance de self étant supérieure à celle de la réactance de capacité , le circuit se comporte comme une self et une résistance . Au contraire , pour une fréquence plus faible , ω est plus faible , la valeur de la réactance de self est inférieure à celle de la réactance de capacité , le circuit se comporte comme une capacité et une résistance .

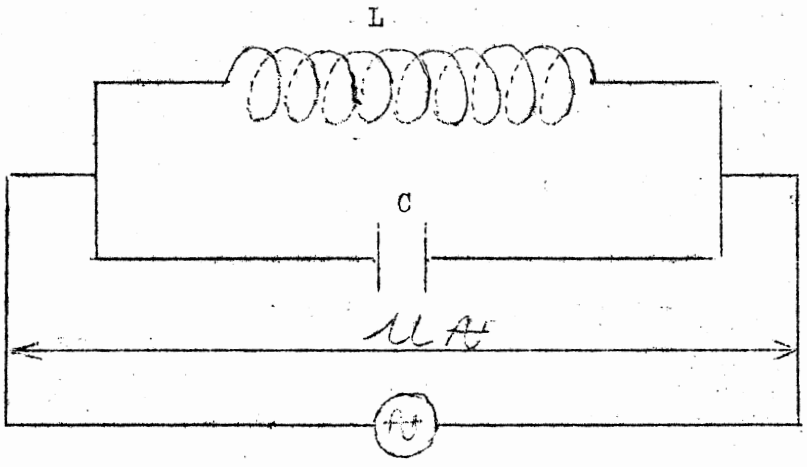
Dans les 2 cas , l'impédance du circuit augmente (puisque dans la formule $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$, $L\omega - \frac{1}{C\omega}$ est différent de ϕ) ce qui diminue le courant qui le traverse . (Dans la formule $I = \frac{U}{Z}$, $Z \nearrow$, $I \searrow$) .

Un circuit résonnant laisse donc mieux passer les courants à la fréquence de résonnance que ceux de fréquence différente .

-:-:-:-

V - CIRCUITS PARALLELES :

1°) Self et capacité en parallèle .



Circuit bouchon :

- Une self et une capacité sont en parallèle et alimentées sous tension constante U par un alternateur ; supposons nulle la résistance du circuit .

La self va laisser passer un courant $I_L = \frac{U}{L\omega}$ et la capacité un courant $I_C = U C \omega$.

Le courant total I est la somme géométrique de ces 2 courants , mais les courants I_L et I_C sont décalés d'une demi-période , l'un par rapport à l'autre ; en effet , dans la self le courant I_L est en retard de $\frac{\pi}{2}$ sur la tension et dans la capacité le courant I_C est en avance de $\frac{\pi}{2}$ sur cette tension . Le déphasage entre ces deux courants est donc π c'est à dire une demi période .

Leur résultante géométrique sera donc obtenue par simple soustraction .

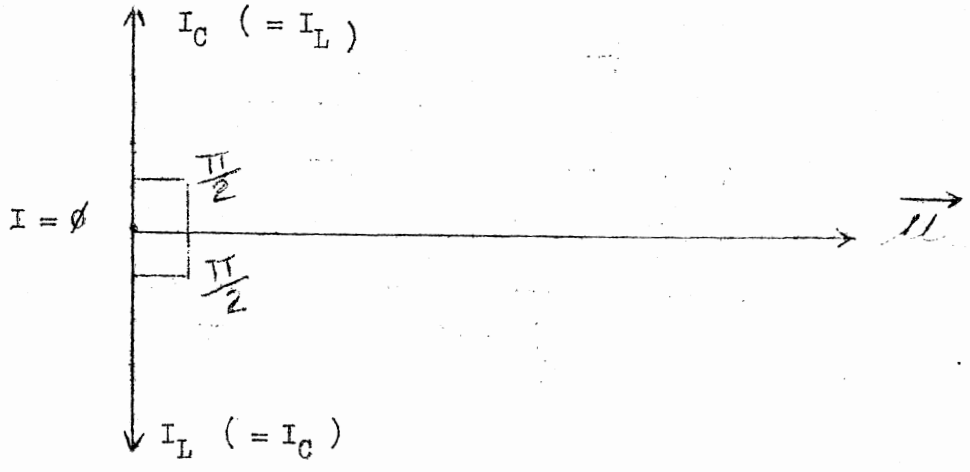
$$I = I_L - I_C$$

$$= \frac{U}{L\omega} - U C \omega$$

$$= U \left(\frac{1}{L\omega} - C\omega\right)$$

Si la condition de résonnance $\left(L\omega - \frac{1}{C\omega} = \emptyset \text{ donc } \frac{1}{L\omega} - C\omega = \emptyset \right)$ est remplie , on a : $\frac{1}{L\omega} = C\omega$, et par suite : $I_L = I_C$.

donc $I = \emptyset$.



La self et la capacité continuent à absorber le courant donné par leurs formules respectives , mais ces deux courants étant égaux et opposés , leur résultante est nulle .

<u>On dit que le circuit forme bouchon pour la fréquence considérée</u> .

Bien entendu , en pratique , il est impossible de rendre nulle la résistance du circuit ; les 2 courants ne sont plus tout à fait opposés et leur résultante n'est pas tout à fait nulle .

Néanmoins , un circuit bouchon arrête presque complétement les courant à la fréquence de résonnance et laisse passer ceux de fréquence très différente .

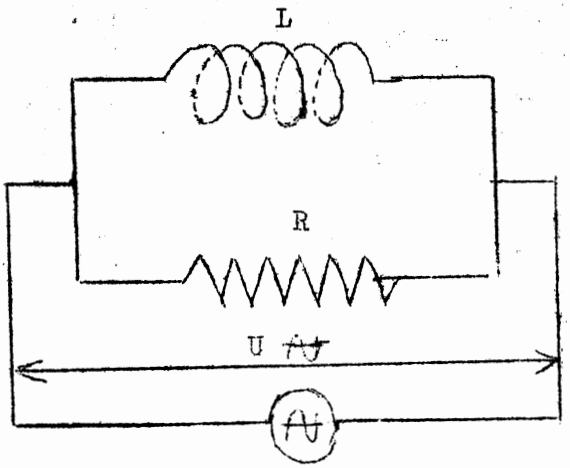
2°) <u>Self et Résistance en parallèle</u> .

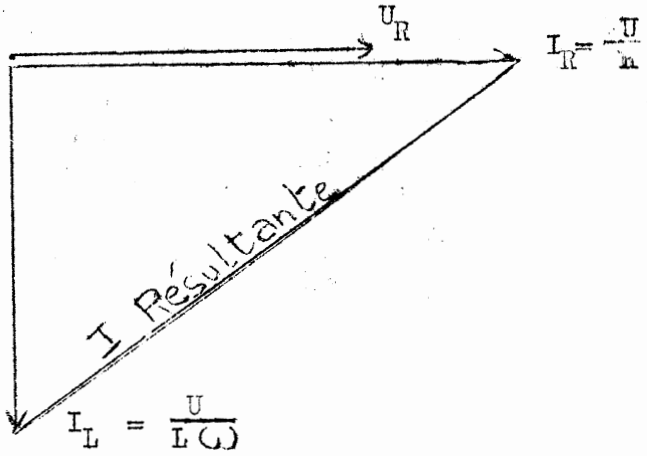
Nous avons vu que pour trouver l'impédance de deux éléments en série , on suppose le courant commun I connu , on calcule les 2 tensions et on les ajoute géométriquement pour avoir la tension totale U . On calcule ensuite l'impédance totale :

$$Z = \frac{U}{I}$$

Inversement , pour 2 éléments en parallèle , on suppose la tension commune U connue , on calcule les 2 courants et on les ajoute géométriquement pour avoir le courant total I , on calcule ensuite l'impédance :

$$Z = \frac{U}{I}$$





Dans le cas d'une self et d'une résistance en parallèle , on a :

$$I_R = \frac{U}{R} \quad \text{et} \quad I_L = \frac{U}{C\omega}$$

$$I^2 = I_R^2 + I_L^2$$

$$= \left(\frac{U}{R}\right)^2 + \left(\frac{U}{L\omega}\right)^2$$

$$I \sqrt{\left(\frac{U}{R}\right)^2 + \left(\frac{U}{L\omega}\right)^2}$$

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{U}{U\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{L\omega}\right)^2}}$$

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{L\omega}\right)^2}}$$

RESUME

Pour évaluer l'impédance d'un circuit quelqu'il soit :

a) Si les éléments sont en série , on suppose le courant commun I connu , on calcule les tensions aux bornes de chacun des éléments et on les ajoute géométriquement .

b) Si les éléments sont en parallèle , on suppose la tension U connue , on calcule les courants partiels dans chacune des dérivations et on les ajoute géométriquement .

L'impédance du circuit est toujours : $Z = \frac{U}{I}$

-:-:-:-:-

NOTIONS DE GEOMETRIE

ANGLES - TRIANGLES

1°) Unités d'angles :

a) Le degré :

- 1 angle droit (1 d.) = 90°

b) Le grade :

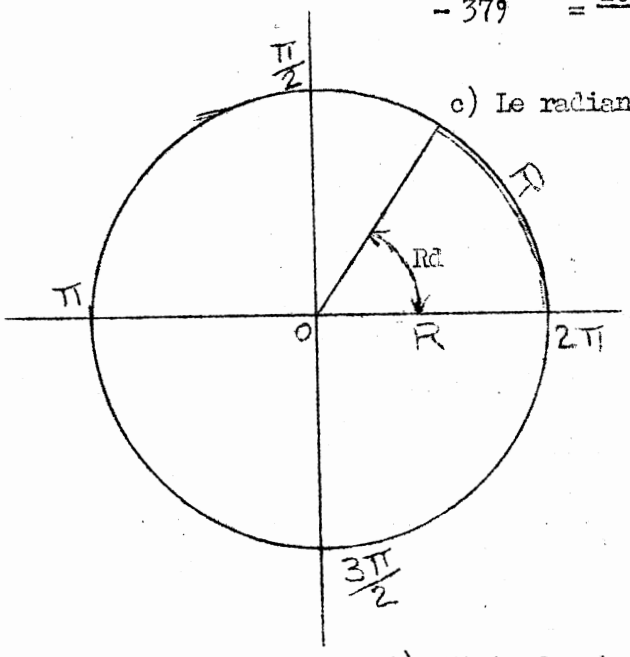
- 1 angle droit = 100 grades
- 90° = 100 grades

Exemple : Combien un angle de 37° fait-il de grades ?

- 90° = 100 grades

$1° = \frac{100}{90}$

$- 37° = \frac{100 \times 37}{90} = \frac{3700}{90} = \frac{370}{9} = 41$ grades environ .



c) Le radian (rd)

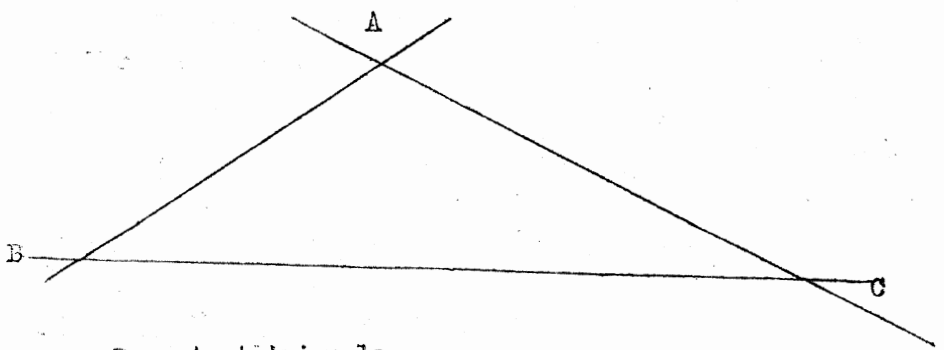
1 angle droit $= \frac{\pi}{2}$ rd.

- Le radian est la mesure de l'angle au centre qui intercepte un arc de cercle dont la longueur est égale au rayon .

1 rd = 57° environ $\left(\frac{360}{6,28} \right)$

2°) Etude des triangles

a) Les angles d'un triangle



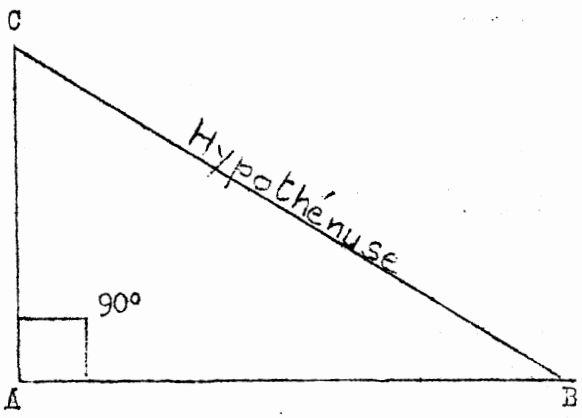
Dans tout triangle

$\widehat{A} + \widehat{B} + \widehat{C} = 180° = 200$ grades

b) Le triangle rectangle :

$\widehat{A} = 1\ d. = 90°$

donc : $\widehat{B} + \widehat{C} = 1\ d. = 90°$



Théorème de Pythagore :

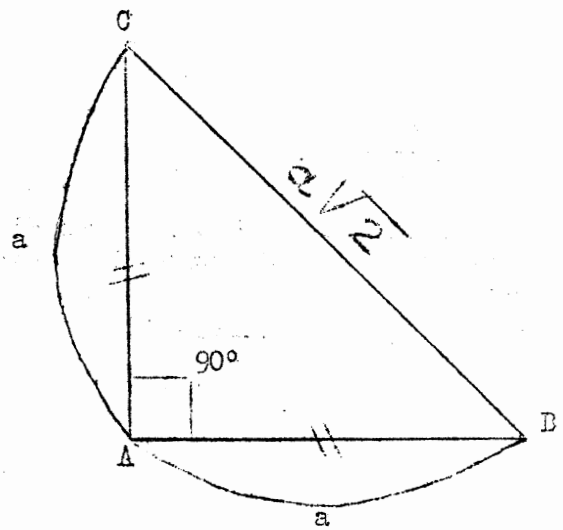
Enoncé : Le carré de l'hypothénuse est égal à la somme des carrés des 2 autres cotés .

$$BC^2 = AC^2 + AB^2$$

$$BC = \sqrt{AC^2 + AB^2}$$

Cas particuliers .

- Le triangle rectangle isocèle :



Si "a" est la longueur de AB et de AC :

on a : $BC^2 = AB^2 + AC^2$

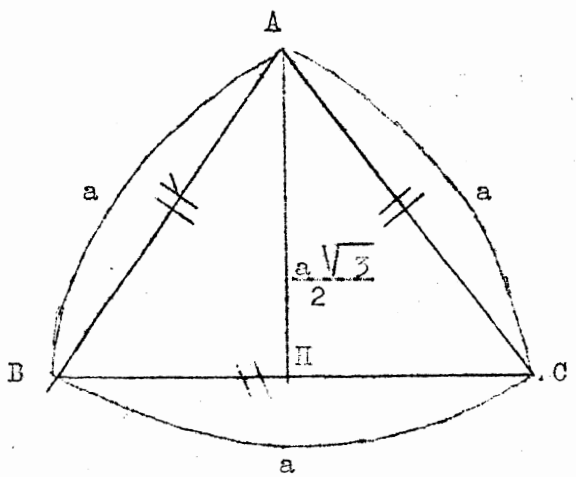
$= a^2 + a^2$

$BC^2 = 2a^2$

$BC = \sqrt{2a^2}$

$$BC = a\sqrt{2}$$

- Le triangle équilatéral : (3 angles égaux - 3 cotés égaux)



$HC = \frac{a}{2}$

$AC^2 = AH^2 + HC^2$

$a^2 = AH^2 + (\frac{a}{2})^2$

$a^2 = AH^2 + \frac{a^2}{4}$

$AH^2 = a^2 - \frac{a^2}{4}$

$AH^2 = \frac{4a^2}{4} - \frac{a^2}{4}$

$AH^2 = \frac{3a^2}{4}$

$AH = \sqrt{\frac{3a^2}{4}}$

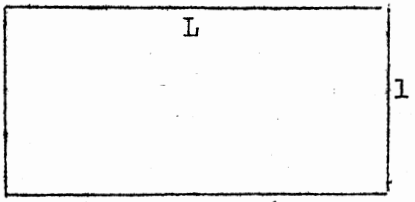
$$AH = \frac{\sqrt{3\ a^2}}{\sqrt{4}}$$

$$\boxed{AH = \frac{a\sqrt{3}}{2}}$$

-:-:-:-:-:-:-

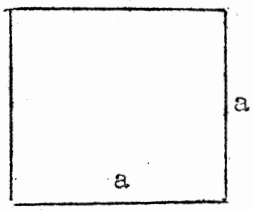
SURFACES

1°) Rectangle :



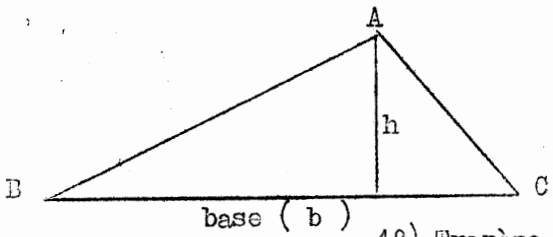
$$\boxed{S = L \times l}$$

2°) Carré :



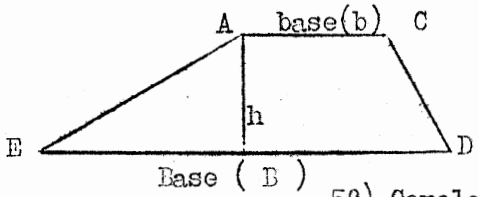
$$\boxed{S = a^2}$$

3°) Triangles :



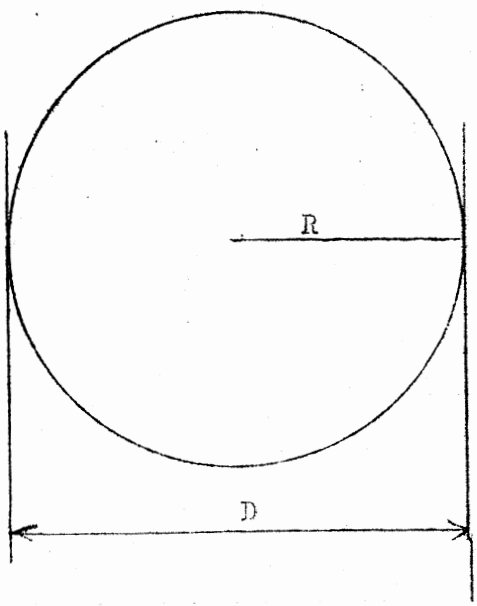
$$\boxed{S = \frac{b \times h}{2}}$$

4°) Trapèze :



$$\boxed{S = \frac{B + b}{2} \times h}$$

5°) Cercle :



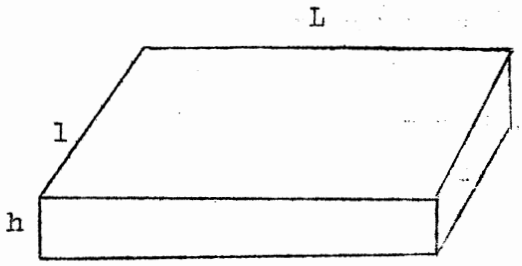
L = Circonférence

$= 2 \pi R$

$= \pi D$

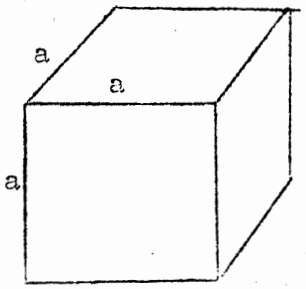
$$\boxed{S = \frac{\pi D^2}{4} = \pi R^2}$$

1°) Parallélépipède rectangle :



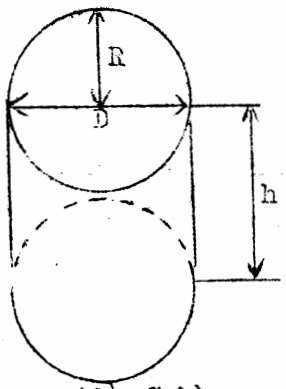
$$V = L \times l \times h$$

2°) Cube :



$$V = a^3$$

3°) Cylindre :



$$V = \pi R^2 \times h$$

$$= \frac{\pi D^2}{4} \times h$$

4°) Sphère :

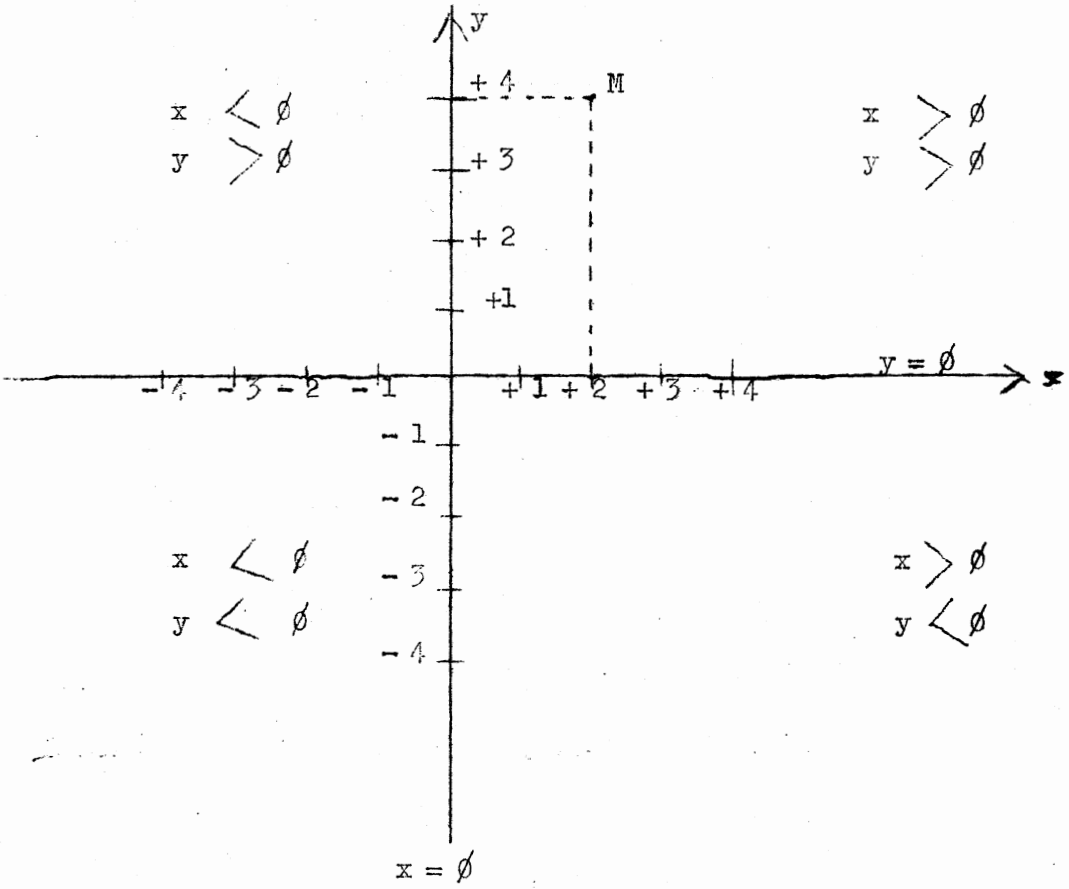
$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$= \frac{4}{3} \pi \frac{D^3}{8}$$

$$= \frac{\pi D^3}{6}$$

N O T I O N S D E T R I G O N O M E T R I E

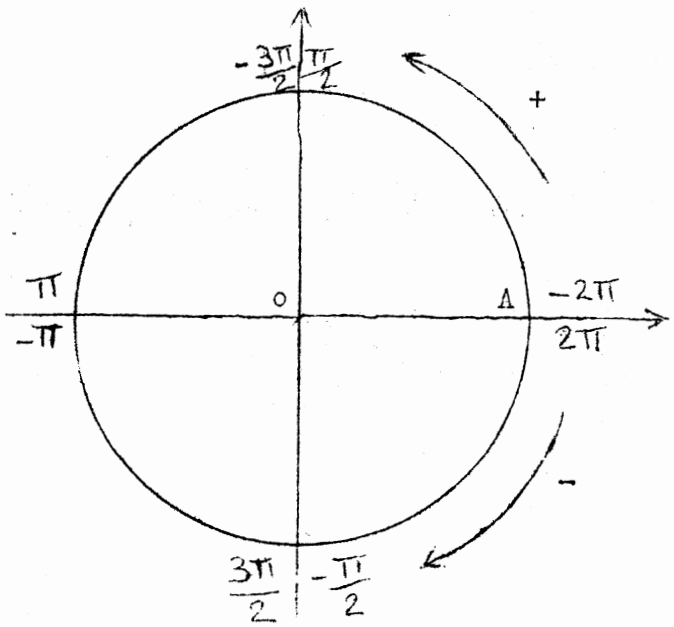
Rapports trigonométriques :



x = abcisse du Point M. } M = 2 en abcisse
y = ordonnées du Point M. } M = 4 en ordonnées .

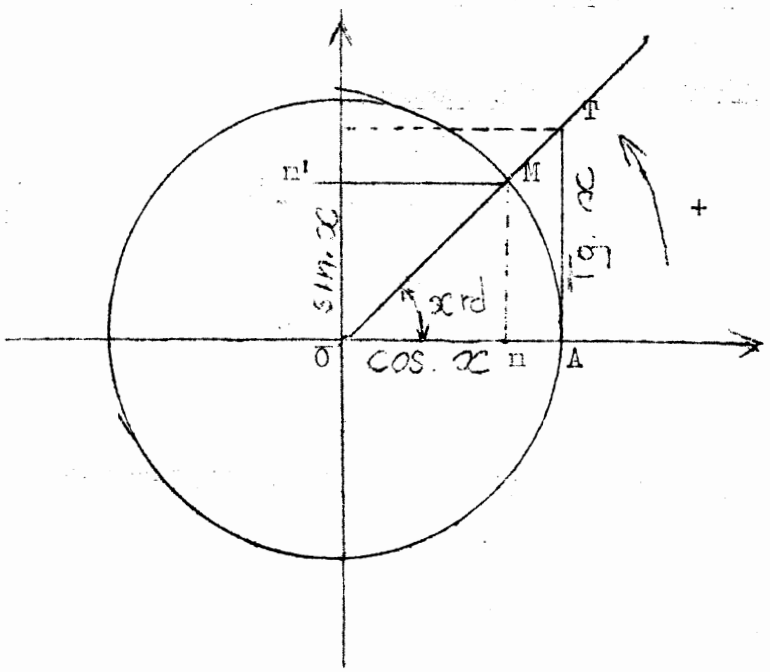
-:-:-:-:-

Cercle trigonométrique :



- à chaque point du cercle sont associés plusieurs nombres différents de π (après le départ du point A.)

Rapports trigonométriques dans le cercle :



abcisse de M. = Cosinus x (Cos. x)

ordonnée de M. = Sinus x (Sin. x)

Sin. x et Cos. x toujours compris - 1 et + 1

Dans le triangle rectangle O n M on a :

$$OM^2 = On^2 + nM^2$$

$$1 = \cos.^2 x + \sin.^2 x$$

soit : $\boxed{\text{Cos.}^2 x + \text{Sin.}^2 x = 1}$

-:-:-:-

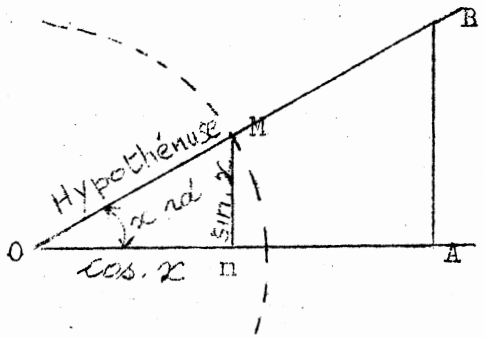
L'ordonnée de T = tangente x (tg. x)

Les triangles O n M et O A T sont semblables .

$$\frac{AT\ (Tg\ x)}{Mn\ (Sin\ x)} = \frac{OA\ (1)}{On\ (Cos\ x)} \longrightarrow \frac{Tg\ x}{Sin.\ x} = \frac{1}{Cos.\ x}$$

d'où : $\boxed{Tg.\ x = \frac{Sin.\ x}{Cos.\ x}}$

Application au triangle rectangle



0 n M et 0 A B sont semblables

$$\frac{0B}{OM} = \frac{0A}{0n} \longrightarrow \frac{0B}{1} = \frac{0A}{\text{Cos. } x}$$

$$0B \cdot \text{cos. } x = 0A$$

d'où : $\boxed{\text{Cos. } x = \frac{0A}{0B}}$

-:-:-:-:-

$$\frac{0B}{0M} = \frac{AB}{Mn} \longrightarrow \frac{0B}{1} = \frac{AB}{\text{Sin. } x}$$

$$0B \cdot \text{Sin. } x = AB$$

d'où : $\boxed{\text{Sin. } x = \frac{AB}{0B}}$

-:-:-:-:-

$$tg\ x = \frac{\text{sin. } x}{\text{cos. } x} = \frac{\frac{AB}{0B}}{\frac{0A}{0B}} = \frac{AB}{0B} \times \frac{0B}{0A}$$

d'où : $\boxed{Tg\ x = \frac{AB}{0A}}$

-:-:-:-

RESUME :

Cos. x =	$\frac{0A}{0B}$
Sin. x =	$\frac{AB}{0B}$
Tg. x =	$\frac{AB}{0A}$

Valeurs remarquables

ANGLE x	$0°$	$\frac{\pi}{6}$ $30°$	$\frac{\pi}{4}$ $45°$	$\frac{\pi}{3}$ $60°$	$\frac{\pi}{2}$ $90°$
sin. x	0	$\frac{1}{2}$ 0,5	$\frac{\sqrt{2}}{2}$ 0,707	$\frac{\sqrt{3}}{2}$ 0,866	1
cos. x	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$ 0,866	$\frac{\sqrt{2}}{2}$ 0,707	$\frac{1}{2}$ 0,5	0
Tg. x	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$ 0,577	1	$\sqrt{3}$ 1,732	∞ INFINI